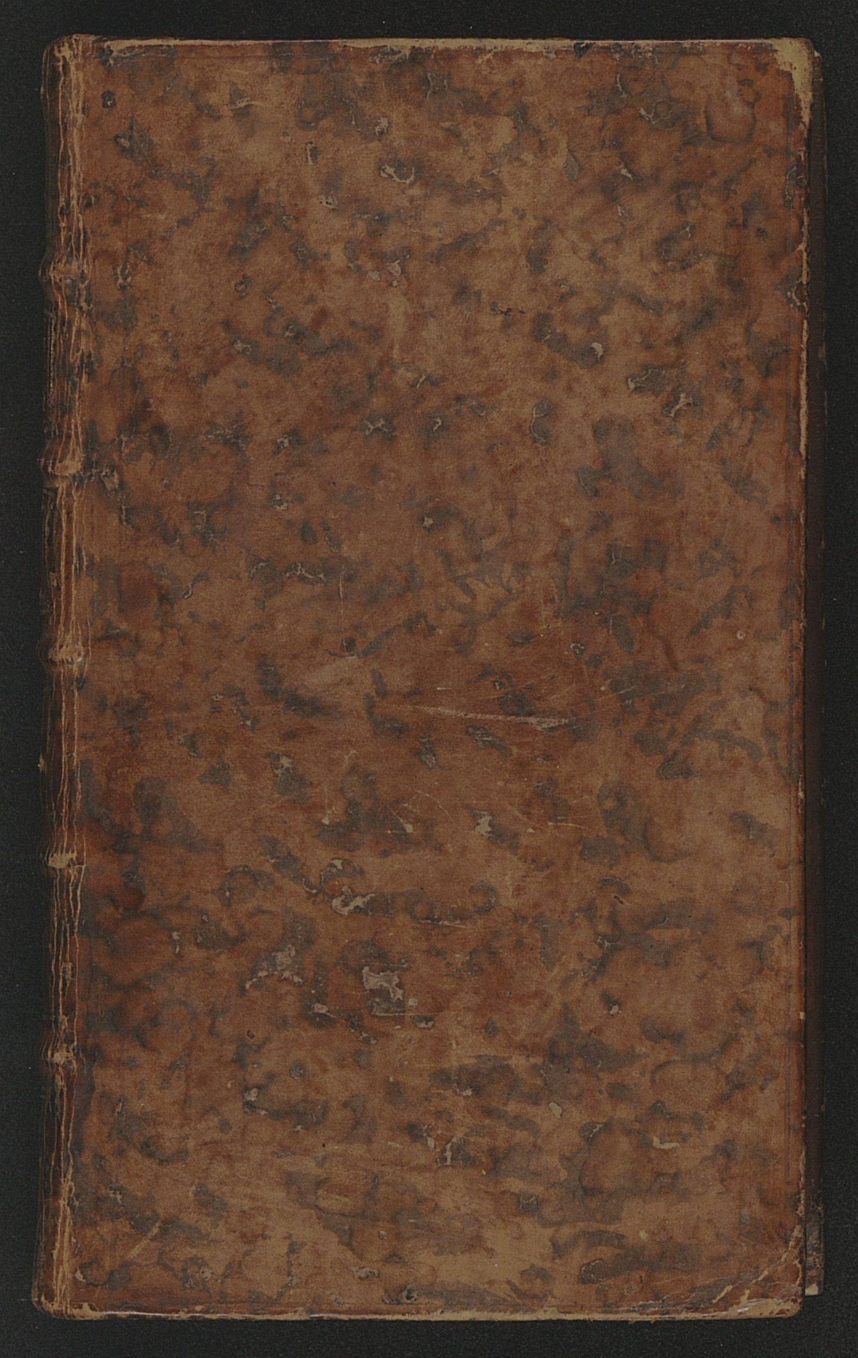






200#

2 Vol

6 volumes 1400—
complets
en partie originale

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.

TOME PREMIER.

LEÇONS DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.

Par M. l'Abbé NOLLET, *de l'Académie Royale des Sciences, & de la Societé Royale de Londres.*

TOME PREMIER.



A PARIS,

Chez les Freres GUERIN, rue S. Jâques, vis-à-vis les Mathurins, à S. Thomas d'Aquin.

M. DCC. XLIII. [1743]

Avec Approbation, & Privilége du Roy.



A

MONSEIGNEUR

LE DAUPHIN.

ONSEIGNEUR,

Ayant conçu le dessein d'écrire & de donner au Public les Leçons de Physique expérimentale que je fais de vive voix depuis plusieurs

années, pourrois-je les lui offrir dans une circonſtance plus heureuſe que celle où Vous voulez bien les honorer de votre préſence & de votre attention ? En mettant au jour cet Ouvrage, je ſuis diſpenſé maintenant de vanter l'utilité de ſon objet, & d'en faire connoître la dignité ; l'une & l'autre ſont prouvées, dès que cet objet eſt de votre goût & qu'il a été approuvé par le ſage Conſeil qui regle vos Etudes : un tel exemple apprendroit, ſi l'on ne le ſçavoit pas, que la connoiſſance des effets naturels convient à tous les états ; on pourroit en conclure auſſi qu'elle convient à tous les âges, ſi vous n'aviez fait que des progrès ordinaires dans les autres ſciences ;

& si l'on ignoroit les preuves que vous avez données d'un génie prématuré.

Depuis dix ans que je travaille à former & à perfectionner une Ecole de Physique, ce qui a le plus animé & soutenu mon zéle dans cette laborieuse entreprise, c'est, MONSEIGNEUR, *de m'être flatté que je pourrois un jour vous en offrir les fruits; je touche enfin au terme de mes désirs & de mes espérances; vos ordres m'appellent.*

Le Public qui apprendra mon bonheur par cette Epître, verra sans doute avec plaisir, qu'en faisant usage de mes foibles talens, vous honorez de vos regards & de vos faveurs un établisse-

ment auquel il a bien voulu applaudir ; & tout le monde ſentira comme moi-même, combien je ſuis heureux d'avoir une occaſion ſi favorable d'exercer mon zéle, & de donner un témoignage public de l'attachement inviolable, & du profond reſpect avec leſquels je dois & je veux être toute ma vie,

MONSEIGNEUR,

Votre très-humble, très-obéiſſant, & très-fidele Serviteur,
J. A. NOLLET.



PREFACE.

UNE ſcience qui n'embraſſe que des queſtions frivoles, ou qui ne termine celles qui paroiſſent être de quelque importance que par des probabilités, & en s'appuyant ſur des hypothéſes, n'intéreſſe ordinairement qu'un petit nombre d'eſprits ; il eſt rare qu'on y prenne goût, & le tems ne peut guéres en étendre les limites, s'il n'en réforme l'objet ; parce que le déſir de ſçavoir qui naît avec nous, & qui peut ſeul exciter notre attention, nous porte naturellement vers le vrai, & ne peut nous y fixer que quand nous y prenons quelque intérêt.

L'hiſtoire de la Phyſique, ſi l'on ſe rappelle les révolutions qu'elle a éprouvées, eſt très-capable de juſtifier cette réflexion.

Pendant près de vingt ſiécles, cette ſcience n'a été preſque autre choſe, qu'un vain aſſemblage de ſyſtêmes appuyés les uns ſur les autres, & aſſez ſouvent oppoſés entre eux. Chaque Philoſophe ſe croyant en droit d'élever un pareil édifice à ſa mémoire, s'eſt efforcé de l'établir ſur les ruines de ceux qui l'avoient précédé; de tems en tems l'on a vû qu'une vraiſemblance en effaçoit cent autres.

Ces exemples tant de fois renouvellés, ne devoient pas donner beaucoup de crédit aux opinions philoſophiques; l'effet le plus naturel qu'on devoit en at-

tendre, & qu'ils ont eû, c'étoit de tenir les hommes dans la défiance ſur la doctrine des Phyſiciens; & l'on ne doit pas être ſurpris que leur curioſité n'ait été que médiocrement piquée par des connoiſſances où ils voyoient régner tant d'incertitudes. L'obſcurité du langage a dû les rebuter encore plus. Dans ces tems de barbarie, comme ſi les ſciences, rougiſſant de leur état, n'euſſent oſé ſe montrer à découvert, ceux qui faiſoient profeſſion de les poſſéder, affectoient des expreſſions qui n'offroient que des idées confuſes, & dont la plûpart étoient abſolument inintelligibles pour quiconque n'étoit pas encore convenu de s'en contenter. On donnoit pour des explications certains mots vuides de

ſens, qui s'étoient introduits ſous les auſpices de quelque nom célebre, & qu'une docilité mal entendue avoit fait recevoir, mais dont un eſprit raiſonnable ne pouvoit tirer aucune lumiere.

Enfin la Phyſique ſi mal cultivée juſqu'alors, & ſi peu connue, parut au grand jour, & ſe fit goûter lorſqu'elle offrit des découvertes utiles, des vérités évidentes, lorſqu'elle pût ſe faire honneur d'être entendue de tout le monde. Deſcartes ſon premier réformateur, après l'avoir tirée de l'obſcurité des écoles, où elle avoit vieilli ſous l'autorité d'Ariſtote, ne lui laiſſa, pour ainſi dire que, le nom qu'elle avoit coutume de porter, & la rendit telle que les Ecoles réformées elles-mêmes peu à peu, ont adopté

depuis ce qu'elle a reçu de nouveau, & l'enseignent présentement en termes intelligibles.

Cette réforme porta principalement sur la maniere d'étudier la nature. Au lieu de la deviner, comme on prétendoit l'avoir fait jusqu'alors, en lui prétant autant d'intentions & de vertus particulieres, qu'il se présentoit de phénoménes à expliquer ; on prit le parti de l'interroger par l'expérience, d'étudier son secret par des observations assidues & bien méditées, & l'on se fit une loi de n'admettre au rang des connoissances, que ce qui paroîtroit évidemment vrai. La nouvelle méthode fit de véritables Sçavans, & leurs découvertes excitant de toutes parts l'attention & la curiosité, on vit naître des amateurs

de tout ſexe & de toutes conditions.

Le goût de la Phyſique devenu preſque général, fit ſouhaiter qu'on en mît les principes à la portée de tout le monde. Bien-tôt on vit paroître en différentes Langues des Traités élémentaires, qui remplirent à cet égard les deſirs du Public. Mais la ſcience dont ils traitent, ſe perfectionne tous les jours; les découvertes ſe multiplient, les erreurs ſe corrigent, les doutes s'éclairciſſent: les mêmes motifs qui ont fait écrire ces élémens, doivent porter à les renouveller de tems en tems, pour y faire entrer les augmentations, les corrections, les éclairciſſemens qui intéreſſent néceſſairement ceux qu'une louable curioſité rend attentifs aux pro-

grès de cette ſcience. D'ailleurs il eſt à propos que ces ſortes d'ouvrages ſoient proportionnés au génie & à la portée des perſonnes à qui on les deſtine ; j'en connois d'excellens en ce genre qui réuſſiſſent en Angleterre, en Hollande, en Allemagne, & qui, s'ils étoient traduits dans notre Langue, n'auroient peut-être pas un auſſi grand nombre deLecteurs en France, parce que les principes y ſont ſerrés, & qu'il faut, pour les entendre, une attention trop ſuivie de la part de ceux qui ne voudroient que s'amuſer utilement, & parce qu'on y a employé plus de géométrie que les gens du monde n'en ſçavent communément.

Il y a environ cinq ans, que publiant le Programme de mon

Cours de Physique expérimentale, je rendis compte de la maniere dont j'avois formé cet établissement & des progrès qu'il avoit faits depuis sa naissance. J'offris alors ce petit volume au Public, comme une Table * des matieres que je me proposois de rassembler dans un ouvrage plus considérable, pour lui être présenté, s'il continuoit de m'accorder ses suffrages, & si j'avois lieu de me flatter que mes leçons fussent encore de son goût. Cette condition a été remplie au-delà de mes vœux: lorsque je la fis, c'étoit un motif, & en même tems une régle, que je prescrivois à mon zéle; mais je ne regardois alors qu'autour de moi; attentif au ju-

* Programme, ou Idée générale d'un Cours de Physique, *dans la Pref.* p. xxxiii.

gement qu'on porteroit de mes efforts & de leurs ſuccès, je n'étendois point mes vues plus loin que l'enceinte de Paris. Je ne préſumois pas que mes foibles talens ſe feroient connoître au-delà des Alpes, * & que j'aurois l'honneur de les aller exercer dans une Cour étrangere. Je ne préſumois pas que mon Ecole ſeroit non-ſeulement applaudie, mais imitée dans nos provinces ** par les Colléges,

* En 1739. je fus appellé à la Cour de Turin, où je reſtai près de ſix mois pour donner des Leçons de Phyſique à S. A. R. Monſeigneur le Duc de Savoye. Après quoi le Roi fit placer à l'Univerſité tous les inſtrumens que j'avois portés, afin que les Profeſſeurs puſſent s'en ſervir dans la ſuite pour cultiver & pour enſeigner la Phyſique par voie d'expérience.

** Depuis la publication de mon Programme, pluſieurs Colléges de Meſſieurs de l'Oratoire, de la Doctrine Chrétienne, & de Saint Lazare, ſe ſont mis dans l'uſage de repréſenter les preuves d'expérience

par les Universités, par les Académies même. Enfin je ne présumois pas que nos Princes honoreroient * mes Cours & de leur présence, & de leur attention; qu'ils voudroient bien unir leur voix à celle du Public, & que l'épreuve qu'ils feroient de ma maniere d'enseigner, me vaudroit enfin l'honneur de travailler sous les yeux & pour l'utilité de

dans leurs exercices publics.

L'Université de Reims en use de même; & j'y ai envoyé une collection d'instrumens, qui est déja très-considérable.

L'Académie Royale des Sciences & Belles Lettres de Bordeaux, s'est aussi meublé depuis quelques années un beau Cabinet de Machines & d'Instrumens de Physique, dont elle m'a fait l'honneur de confier l'exécution à mes soins.

* En 1738. Monseigneur le Duc de Penthiévre voulut voir un de mes Cours de Physique, auquel S. A. S. assista avec beaucoup d'assiduité & d'attention; peu de tems, après j'eus l'honneur d'en faire un à Versailles pour S. A. S. Monseigneur le Duc de Chartres, à la clôture de ses études.

Monſiegneur le Dauphin. Ce dernier avantage excitoit mon zéle ; mais je le déſirois plus alors, que je n'oſois l'eſpérer.

Ces événemens que je ne rappelle point ici par un ſentiment de vanité, quoiqu'ils ſoient bien capables d'en inſpirer, m'aſſurent en quelque ſorte du ſuccès de mon entrepriſe, & de l'approbation que l'on veut bien lui continuer. C'eſt donc pour m'acquiter de la promeſſe que j'ai faite ſous cette condition, que je publie aujourd'hui cet Ouvrage. Je ne m'excuſerai pas d'en avoir differé cinq ans l'impreſſion ; ſi j'ai quelque reproche à craindre, c'eſt peut-être de l'avoir donné trop tôt ; car s'il eſt tel que je le ſouhaite, les perſonnes à qui je le deſtine, ne me ſçauront pas

mauvais gré d'y avoir employé tout le tems qu'il me falloit pour le rendre digne d'elles.

Le titre de l'Ouvrage annonce ce qu'il est ; ce sont mes Leçons telles que j'ai coutume de les faire depuis neuf ans, à des Compagnies qui s'assemblent pour les prendre en commun. Je suppose toujours que le plus grand nombre n'est pas en état d'entendre les expressions d'Algébre ou de Géométrie, & certains détails qui s'écartent trop des premiers principes ; je pense aussi que l'utilité qu'on en peut attendre, ne seroit point apperçûe par ceux qui ne font que s'initier, ou qui ont résolu de ne donner à cette étude que des momens de récréation qui ne prennent rien sur des occupations plus

plus néceſſaires relativement à leur état ou à leur goût. C'eſt pourquoi, plus occupé du ſoin de me faire entendre, que du reproche qu'on me pourroit faire d'avoir abandonné le langage des Sciences dont il eſt aſſez ordinaire de ſe parer, je tâche de parler & d'écrire comme ont fait avant moi quantité d'Auteurs reconnus pour bons, & dont les Ouvrages pour la plûpart peuvent être mis entre les mains de tout le monde.

Ce n'eſt pas que je n'eſtime, comme on le doit, ces façons de s'exprimer qui ſont certainement plus préciſes, plus abregées, & qui mettent en état de ſuivre plus loin une grande partie des connoiſſances qui font l'objet de mes Leçons; je m'en ſers même fort

utilement, lorſque je travaille en particulier avec des perſonnes qui veulent faire une étude plus ſérieuſe de la Phyſique, & qui s'y ſont préparées par celle des Mathématiques ; mais ayant égard au plus grand nombre de mes Lecteurs, je n'ai pas crû qu'il fût à propos de faire entrer dans le même Ouvrage ces calculs & ces détails, dont ils pourront abſolument ſe paſſer, & qui exigeroient d'eux plus d'efforts & d'application qu'on ne peut, ou qu'on ne doit en attendre ; j'ai mieux aimé les réſerver pour des volumes ſéparés, que je pourrai donner dans la ſuite par forme de Supplémens, & ſous le titre d'*Annotations*.

Quoique je me ſois abſtenu d'employer aucune expreſſion d'Algébre, aucun ſigne de Géo-

métrie, par ménagement pour le Lecteur à qui ce langage ne seroit point assez familier; je n'ai pourtant point porté ces sortes d'égards jusqu'à m'interdire l'usage des termes consacrés: j'ai conformé ma diction à celle qui est généralement reçûe, afin que la lecture de mon Ouvrage puisse servir d'introduction à celle des autres Livres de Physique; mais j'ai eu soin de distinguer ces mots par le caractére italique, la premiére fois qu'ils sont employés, de les définir, & de les expliquer le plus nettement qu'il m'a été possible. Et pour ne point interrompre aussi le discours par des définitions trop fréquentes, & qui seroient inutiles pour quantité de personnes, j'ai mis à la tête de ce premier Volume un petit Diction-

naire & une Planche où les Commençans trouveront l'explication des termes qui ſe rencontrent fréquemment dans le corps de l'Ouvrage, & que j'ai ſuppoſé être connus du plus grand nombre.

Je ne me préſente ici ſous les auſpices d'aucun Philoſophe ; ce n'eſt ni la Phyſique de Deſcartes, ni celle de Newton, ni celle de Leibnitz, que je me ſuis preſcrit de ſuivre particuliérement ; c'eſt, ſans aucune préférence perſonnelle, & ſans diſtinction de nom, celle qu'un accord général & des faits bien conſtatés me paroiſſent avoir bien établie. Pénétré de reſpect, & même de reconnoiſſance, pour les grands hommes qui nous ont fait part de leurs penſées, & qui nous ont enrichis de leurs découvertes, de quelque Nation

qu'ils ſoient, & dans quelque tems qu'ils ayent vêcu, j'admire leur génie juſque dans leurs erreurs, & je me fais un devoir de leur rendre l'honneur qui leur eſt dû ; mais je n'admets rien ſur leur parole, s'il n'eſt frappé au coin de l'expérience : en matiére de Phyſique, on ne doit point être eſclave de l'autorité ; on devroit l'être encore moins de ſes propres préjugés, reconnoître la vérité par tout où elle ſe montre, & ne point affecter d'être Newtonien à Paris, & Cartéſien à Londres.

Pour me renfermer plus exactement dans les bornes de mon Titre, je me ſuis diſpenſé de rapporter les differens ſyſtêmes qui ont été propoſés ſur le méchaniſme de l'Univers, & qui ont partagé les Philoſophes tant anciens

que modernes. Quoiqu'on puſſe abſolument ignorer tous ces efforts d'imagination qui, pour la plûpart, ne font point aſſez d'honneur à l'eſprit humain, & dont le plus beau ne peut paſſer que pour un ingénieux *peut-être*; cependant on ne peut guéres ſe refuſer la connoiſſance de ceux qui ont eu le plus de crédit, & je rapporterois volontiers ici ce qu'ont penſé Deſcartes & Newton à cet égard, ſi je n'avois été prévenu par un Auteur, dont l'Ouvrage * eſt entre les mains de tout le monde, & qui a traité cette matiére avec le même agrément qu'on rencontre dans tous ſes écrits.

C'eſt encore pour ne point paſſer au-delà d'une Phyſique ſenſible & appuyée ſur des faits, que

* Hiſtoire du Ciel, liv. 2.

j'écarte ſoigneuſement toutes les queſtions métaphyſiques qui pourroient tenir en quelque ſorte aux matiéres que j'ai à traiter ; ſi l'on eſt curieux de ſuppléer à cette omiſſion, que j'ai faite à deſſein, on pourra lire avec beaucoup de ſatisfaction les ouvrages du P. Malebranche, & ſur-tout celui qui a pour titre, *la Recherche de la Vérité.*

J'ai ſuivi, en écrivant mes Leçons, la même méthode que j'ai coutume d'employer quand je les fais de vive voix. Je choiſis dans chaque matiére ce qu'il y a de plus intéreſſant, de plus nouveau, & qui me paroît le plus propre à être prouvé par des expériences. J'explique, avec le plus de préciſion & de netteté qu'il m'eſt poſſible, l'état de la queſtion ; j'en rappelle l'origine, & j'indique, autant que

je le sçais, les Auteurs qui passent pour l'avoir traitée avec le plus de succès : je la prouve ensuite par des opérations dont je fais connoître le méchanisme, ayant soin d'en écarter tout ce qui pourroit s'y mêler d'étranger, pour ne point partager l'attention. Enfin je raméne, soit à la question même, soit aux faits qui m'ont servi de preuves, tout ce qui peut y avoir rapport dans les phénoménes de la Nature, dans les procédés des Arts, dans les machines le plus en usage pour les commodités de la vie civile. C'est ainsi que j'en ai toujours usé depuis l'établissement de mes Cours ; & quoique j'aye étudié avec attention le goût du Public à cet égard, je n'ai rien apperçû qui pût me déterminer à changer cet ordre :

j'ai crû voir au contraire qu'il avoit tout l'effet que je m'étois proposé qu'il eût. Il m'a semblé que des principes assez souvent abstraits, & que l'on ne pourroit apprendre de suite sans une application laborieuse, s'insinuoient plus aisément dans l'esprit, lorsqu'ils étoient ainsi entrecoupés par des expériences intéressantes, qui obligent d'en reconnoître & la vérité & l'utilité.

Dans la distribution des Matiéres qu'on doit regarder comme le fond de cet Ouvrage, je me suis attaché à rassembler sous un même titre, celles qui sont nécessairement liées ensemble, & j'ai eu soin de faire précéder les propositions qui peuvent s'entendre plus facilement, & qui doivent servir comme de princi-

pes pour l'intelligence des autres; ainsi quoiqu'on puisse à la rigueur prendre chaque Leçon séparément, & que la plûpart ayent entr'elles une espéce d'indépendance, je conseillerai toujours au Lecteur, qui voudra les suivre avec plus de facilité & de profit, de les voir dans l'ordre où elles sont, parce qu'il trouvera dans les premiéres des notions qui pourront l'aider pour la suite.

Les faits dont je me sers pour prouver mes propositions, ne sont pas toujours ni aussi nombreux ni aussi nouveaux qu'ils pourroient l'être. Ceux qui ont vû l'appareil de mes Instrumens, en assistant à mes Cours, seront peut-être surpris de ne retrouver dans les gravûres de cet Ouvrage, qu'une partie de ce qu'ils ont vû dans mes

cabinets ; il eſt juſte d'expoſer les motifs qui m'ont fait ſupprimer ce qu'on pourroit peut-être déſirer de plus, ſi j'annonçois ces volumes comme un recueil de mes Démonſtrations.

Depuis que j'enſeigne la Phyſique expérimentale, j'ai eu tout lieu de reconnoître que le moyen le plus ſûr de captiver l'attention, & de faire naître promptement les idées, c'eſt, ſuivant la penſée d'un Poëte célébre *, de parler aux yeux par des opérations ſenſibles. En conſéquence de cette vérité, je me ſuis pourvû de certaines machines, que j'ai imaginées pour faire entendre mes penſées aux perſonnes qui n'ont des Sciences qu'une teinture très-

* *Segniùs irritant animos demiſſa per aures,*
Quàm quæ ſunt oculis ſubjecta fidelibus.
Horat. de Arte Poët.

légére, & pour leur faire prendre plus facilement, & en moins de tems, certaines notions sans lesquelles on ne saisiroit pas bien l'état d'une question, ou les preuves qui en établissent la théorie. Mais comme ces moyens n'ont de force que dans l'usage même qu'on en fait, & que les piéces qui les composent n'expriment rien, si elles ne sont en jeu; il eût été inutile d'en donner la figure ou la description; c'eût été multiplier, sans aucun avantage, des planches qui sont déja assez nombreuses.

Une autre raison pour laquelle je me suis dispensé de représenter dans cet Ouvrage tout ce qu'on voit dans mon Ecole, c'est que je n'ai pas crû devoir y faire entrer plus d'expériences qu'il

n'en faut pour prouver ſolidement la doctrine qu'il renferme. Je l'ai déja dit ailleurs * ; je n'ai jamais prétendu faire de mes Leçons un ſpectacle de pur amuſement, où l'on vît répéter, ſans deſſein & ſans choix, un grand nombre d'expériences capables ſeulement d'occuper les yeux. Je crois être plus en état que perſonne en France, de ſatisfaire les Curieux par l'aſſortiment des machines dont je ſuis muni : mais je ſerois peu flatté qu'on ne vînt chez moi que pour y voir opérer; & je ſuppoſe toujours une curioſité plus raiſonnable dans mes Auditeurs. C'eſt pourquoi de tous les faits que je ſuis en état de produire pour prouver chaque Pro-

* Program. ou Idée gén. d'un Cours de Phyſ. dans la Préf. p. x.

poſition, je n'employe jamais qu'un certain nombre qui ſoit ſuffiſant; & par cette œconomie je gagne du tems pour des choſes plus néceſſaires, & je me mets en état de varier agréablement & utilement mes preuves, pour des perſonnes qui aſſiſtent pluſieurs fois à mes Cours. J'ai eu la même attention en écrivant; je n'ai point voulu que le Lecteur, ébloui d'un nombre ſuperflu d'opérations, pût perdre de vûe la doctrine qu'il s'agit d'établir; en lui rapportant des faits dignes d'attention, j'ai compté mettre ſous ſes yeux des preuves qui affermiſſent ſes connoiſſances. En un mot, ſoit en ouvrant mon Ecole au Public, ſoit en lui offrant mes Leçons écrites, mon intention a toujours été qu'il y trouvât un cours de Phy-

ſique expérimentale, & non pas un cours d'expériences.

Par la deſcription que j'ai donnée des Inſtrumens ſous le titre de *Préparation*, je n'ai pas prétendu mettre ſuffiſamment au fait de leur conſtruction ceux qui voudroient les imiter : il auroit fallu entrer dans un détail de proportions, de choix de matiéres, de précautions à prendre, & bien ſouvent de connoiſſances un peu étrangéres à mon objet, qui auroit groſſi conſidérablement les volumes, & cela en pure perte pour la plûpart des Lecteurs à qui il ſuffit de voir en gros, qu'un tel effet peut être produit par une certaine méchanique. Mais comme je ſens de reſte combien il ſeroit utile qu'il y eût de bonnes inſtructions ſur le choix des Inſ-

trumens de Phyſique, & ſur la maniére de les conſtruire, pour aider le zéle des Amateurs ou des Sçavans qui s'appliquent à cette Science, & dont le nombre s'accroît tous les jours; j'ai réſolu de raſſembler dans un Ouvrage ſéparé ce qu'un long uſage aura pû m'apprendre touchant cette matiére. Ce deſſein s'exécute actuellement, & l'on en peut voir quelques fragmens dans les Mémoires de l'Académie des Sciences pour les années 1740 & 1741, où j'ai ſeulement ſupprimé les pratiques qui regardent l'Ouvrier.

Quant au choix des expériences, j'ai quelquefois préféré celles qui ſont connues depuis longtemps, à d'autres plus récentes, parce que je leur ai trouvé un rapport plus direct aux propoſitions

que j'avois à prouver, ou parce qu'elles donnoient lieu à des applications plus intéressantes, ou bien enfin parce qu'elles m'ont paru trop belles pour être omises; leur date alors m'a semblé d'autant plus indifférente, que, comme cet Ouvrage n'est point fait pour des Sçavans de profession, la plûpart de ceux qui les y verront, leur trouveront encore tout l'agrément de la nouveauté: & d'ailleurs les choses n'ont-elles de mérite qu'autant qu'elles sont nouvelles?

On me reprochera peut-être d'avoir fait entrer dans les *applications* quelques remarques d'une mince utilité; soit que l'objet en mérite peu la peine, soit qu'elles se présentent d'elles-mêmes à tout le monde: mais on doit

faire attention que cet Ouvrage n'eſt pas fait ſeulement pour des perſonnes qui ont déja vêcu un certain temps dans le monde, & à qui l'uſage a donné quelques idées, obſcures & confuſes à la vérité, mais avec leſquelles on peut ſentir les cauſes prochaines de ces effets les plus communs. Je le deſtine principalement aux jeunes gens de l'un & de l'autre ſexe, qui paſſent les premiéres années de leur vie dans des Colléges ou dans des Penſions, pour qui tout eſt nouveau dans la Nature, dont l'eſprit eſt naturellement avide de ces ſortes de connoiſſances, & qu'il convient d'accoutumer, par des exemples faciles & familiers, à des idées claires & diſtinctes, & à des inductions judicieuſes; car, c'eſt la

réflexion d'un Sçavant * bien respecté, & bien digne de l'être, qu'il est toujours utile de penser juste, même sur des sujets inutiles.

Au reste il faut prendre garde de confondre l'effet avec sa cause; l'un pourroit être connu du Paysan le moins instruit, pendant que l'autre ne le seroit pas du plus sçavant Philosophe. Quelqu'un ignore-t-il qu'une éponge, une pierre tendre, un morceau de sucre se mouille entiérement avant que d'être tout-à-fait plongé? mais quelqu'un sçait-il bien pourquoi cela se fait? D'ailleurs les phénoménes les plus communs ne le paroissent pas toujours également, quand on les considére par toutes les faces. Tout le mon-

* M. de Fontenelle, Hist. de l'Acad. des Scienc. 1699. dans la Préf. p. xi.

de ſçait qu'une pierre tombe en vertu de ſa péſanteur; mais tout le monde ne ſçait pas qu'en tombant elle doit parcourir des eſpaces qui répondent aux quarrés des tems de ſa chûte. En faiſant application de ce dernier effet, après l'avoir prouvé, ſi je dis qu'une bouteille ou un verre peut ſe caſſer en tombant, aſſûrément je n'inſtruis perſonne; ſi je dis encore qu'en tombant de plus haut, les corps fragiles courent un plus grand riſque, cette vérité ne paroîtra pas plus neuve que la premiére : mais ſi j'ajoute qu'un Corps grave en tombant ſe briſe en vertu de ſa chûte accélérée, & qu'on peut prévoir l'effort qu'il ſera capable de faire à la fin de cette chûte, en meſurant la hauteur du lieu d'où il tombe; je ne

crois pas que cette obſervation ſoit inutile pour tous ceux à qui je la propoſe; & ſi quelqu'un après l'avoir lû ſe plaignoit que j'aye voulu lui apprendre qu'un verre peut ſe caſſer en tombant, ou qu'il ſe briſe plus ſûrement en tombant de plus haut, il feroit voir qu'il a peu de diſcernement, ou beaucoup de mauvaiſe volonté.

Graces au bon goût qui regne dans notre ſiécle, je puis me diſpenſer de prouver que la Phyſique eſt utile, & qu'il n'y a perſonne qui ne puiſſe prendre part aux découvertes dont elle s'enrichit tous les jours. Quoique cette Science porte un nom Grec, on ſçait maintenant que ſon objet n'eſt point étranger; que les connoiſſances qu'elle offre, intéreſſent tout le monde, & que lorſqu'elle

prononce par la voix de l'expérience, elle peut être entendue à tout âge & en tous lieux. L'étude de la Nature étoit encore, pour ainsi dire, au berceau ; la connoissance qu'on avoit de ses phénoménes & de leurs causes, méritoit à peine le nom de Science, qu'un des plus grands hommes de l'Antiquité la vantoit déja comme une ressource pour l'esprit humain, comme une occupation dont il pouvoit tirer avantage dans tous les tems & dans toutes les circonstances de la vie *. Avec combien plus de raison ne pourroit-on pas la recommander comme telle, à pré-

* *Hæc studia adolescentiam alunt, senectutem oblectant; secundas res ornant, adversis perfugium ac solatium præbent; delectant domi, non impediunt foris; pernoctant nobiscum, peregrinantur, rusticantur.* Cic. pro Archia Poët. n°. 16.

ſent qu'elle occupe dans tous les états policés des compagnies de Sçavans, que les Princes honorent de leur protection, & qu'ils entretiennent par leurs libéralités ; à préſent, dis-je, que ſes progrès s'annoncent tous les ans par des volumes, où chacun peut puiſer ſelon ſon goût, ou ſelon ſes beſoins, des connoiſſances, dont le moindre avantage eſt d'orner l'eſprit.

Quelque état que l'on prenne dans le monde, il eſt bien rare que l'on n'ait pas à réfléchir ſur la force des Corps qui ſe meuvent par leur poids, ou autrement, ſur celle des animaux, ſur l'impulſion & le mouvement des fluides, ſur l'action & ſur les effets d'une infinité de machines, nouvelles ou anciennes, touchant

le choix desquelles on a souvent intérêt de sçavoir décider à propos. Est-il possible de voir ces effets admirables des télescopes, des lunettes, des microscopes, dont l'usage est aujourd'hui si commun, sans désirer d'en connoître la méchanique & les propriétés, sur lesquelles la construction de ces instrumens est fondée? A qui peut-il être inutile d'apprendre ce qu'il y a de nouveau dans une Science d'où dépendent nos amusemens les plus raisonnables, nos commodités, nos besoins? A qui peut-il être indifférent de sçavoir ou d'ignorer des choses qui peuvent occuper, au moins agréablement, dans des tems & dans des lieux où les douceurs de la société nous manquent?

Mais

Mais l'avantage le plus précieux, & que toute ame bien née ne manque pas de reſſentir en étudiant la Nature, c'eſt la néceſſité où l'on eſt de reconnoître par-tout l'Etre ſuprême qui a formé ce vaſte univers, & qui préſide ſans ceſſe à ſes propres œuvres. Plus on avance dans cette étude, plus on eſt convaincu que ce qui en fait l'objet, n'eſt point une production du hazard ; tout y annonce une puiſſance infinie qui étonne, une ſageſſe profonde qu'on ne peut aſſez admirer, des intentions & une bonté qui méritent toute notre reconnoiſſance. Ces merveilles que nous avons ſous les yeux parlent au cœur autant qu'à l'eſprit; en éclairant l'un, il eſt naturel qu'elles touchent l'autre; ce que nous en apprenons,

en nous rendant moins ignorans que le vulgaire, peut aussi faire naître en nous des sentimens plus vifs, & nous rendre plus fidéles à nos devoirs.

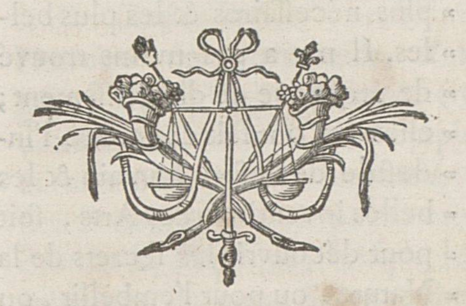
Un illustre Prélat *, en faisant l'histoire de l'éducation d'un grand Prince qui lui avoit été confiée, me fournit un exemple & une preuve bien authentique des bons effets qu'on peut attendre de la Physique, lorsque les principes de cette Science sont enseignés avec dessein & avec choix, & que celui qu'on en instruit est capable de réflexion. Je finis cette Préface par la traduction de ses propres paroles, telle qu'on la trouve dans celui de ses

* M. Bossuet, Evêque de Meaux, dans sa Lettre Latine au Pape Innocent XI. touchant l'éducation de feu Monseigneur le Dauphin, p. 16.

Ouvrages qui a pour titre, *Politique tirée de l'Ecriture Sainte*, p. 41. * « Pour l'expérience des cho-
» ses naturelles, dit-il, nous avons
» fait faire devant le Prince les
» plus néceſſaires & les plus bel-
» les. Il n'y a pas moins trouvé
» de profit que de divertiſſement ;
» elles lui ont fait connoître l'in-
» duſtrie de l'eſprit humain & les
» belles inventions des Arts, ſoit
» pour découvrir les ſecrets de la
» Nature, ou pour l'embellir, ou
» pour l'aider. Mais ce qui eſt plus
» conſidérable, il y a découvert
» l'art de la Nature même, ou plû-

* *Experimenta verò rerum naturalium ſic exhibere fecimus, ut in his Princeps ludo ſuaviſſimo atque utiliſſimo, humanæ mentis hiſtoriam, præclaraque artium inventa, quibus naturam & retegerent & ornarent, interdum adjuvarent ; ipſam denique naturæ artem, immò ſummi Opificis & patentiſſimam & occultiſſimam providentiam miraretur.* Boſſuet, loco citato.

» tôt la Providence de Dieu, qui
» eſt tout à la fois ſi viſible & ſi
» cachée. «



EXPLICATIONS

De quelques termes de Géométrie employés dans cet Ouvrage.

AIRE, ſuperficie ou eſpace enfermé dans une figure quelconque; l'aire du cercle, par exemple, eſt l'étendue qui eſt terminée par la circonférence.

ANGLE, ouverture de deux lignes qui ſe rencontrent en un point comme *AC*, *BC*, *fig.* 1. le point de concours ſe nomme le *ſommet* ou la *pointe* de l'angle. On diſtingue principalement trois ſortes d'angles; ſçavoir, l'angle *aigu*, l'angle *droit*, & l'angle *obtus*: l'angle aigu eſt celui dont l'ouverture embraſſe moins que le quart d'un cercle qui auroit pour centre le ſommet de l'angle; comme *ACB*, *fig.* 1. l'angle droit eſt celui dont l'ouverture embraſſe juſtement un quart de cercle, comme *ACD*; & l'angle obtus eſt celui dont l'ouverture eſt plus grande qu'un quart de cercle, comme *ACE*.

ANGULAIRE, qui a un ou plu-

ſieurs angles ; ce terme eſt quelquefois employé pour ſignifier qu'un corps eſt tranchant par pluſieurs endroits.

ARC, partie de la circonférence d'un cercle. Comme toute cette ligne eſt diviſée en 360 parties égales, les arcs ſe diſtinguent entre eux par le nombre de ces parties ou degrés qu'ils contiennent ; ainſi l'on dit, un arc de 10, de 30, de 50 degrés. Celui qui en contient juſtement 90, ſe nomme plus ordinairement *quart de cercle* ; comme lorſqu'il en a 180, on l'appelle communément *demi cercle* ; tels ſont les arcs *ABD*, *ADF*, *fig.* 1. On donne auſſi le nom d'arc aux parties de toutes les autres courbes qui ne ſont point circulaires ; on dit l'arc d'une parabole, d'une ellipſe, &c.

ATMOSPHERE, vapeurs, ou exhalaiſons qui ſortent d'un corps, & qui l'entourent uniformement juſqu'à une certaine étendue ; ce mot s'entend communément de la maſſe d'air qui enveloppe le globe terreſtre, & qui reçoit tout ce qui s'exhale continuellement de la terre.

AXE, ligne droite qu'on ſuppoſe immobile pendant que le corps qu'elle traverſe fait ſa révolution autour d'elle.

l'axe d'une ſphere ou d'un globe, eſt une ligne droite qui paſſe au centre, & qui aboutit à deux points oppoſés de la ſurface, qu'on nomme *pôles*. L'axe d'un cône eſt auſſi une ligne droite qui commence au ſommet, & qui aboutit au centre de la baſe, comme *IK*, *fig.* 2.

BASE, ce qui ſert de fondement & d'appui à quelque corps ou à quelque machine; on appelle la baſe d'un cône ou d'une pyramide, le plan le plus bas qui les termine, comme le cercle repréſenté par *LMK*, *fig.* 2.

CENTRE, milieu, ou l'endroit qui eſt également diſtant de toutes les parties oppoſées & correſpondantes d'un même corps. Le centre du cercle eſt un point également éloigné de tous ceux qui compoſent la circonférence, comme *C*, *fig.* 1. Le centre d'une ſphére ou d'un globe, eſt le point qui eſt également diſtant de toute la ſuperficie. On donne quelquefois le nom de centre à un point qui n'eſt pas également diſtant de tous ceux qui terminent la figure; il ſuffit qu'il partage en deux parties égales tous ſes diamétres: ainſi *P* peut être regardé comme le centre de l'ellipſe repréſentée par la *fig.* 3.

CERCLE, figure terminée par une ligne courbe, dont tous les points *A, D, F, G*, &c. sont également distans d'un autre point *C*, qu'on nomme *le centre*, *fig.* 1. On est convenu de diviser tout cercle, petit ou grand, en 360 parties égales, qu'on nomme *degrés*; de sorte que ces parties sont toujours proportionnelles, c'est-à-dire, plus grandes dans les grands cercles, plus petites dans les plus petits, mais toujours en même nombre dans les uns & dans les autres. Chaque degré se subdivise en 60 *minutes*, chaque minute en 60 secondes, & chaque seconde en 60 *tierces*. Dans la sphere on distingue deux sortes de cercles, les grands & les petits. Les premiers sont ceux dont le diamétre passe au centre même de la sphere, tels sont l'Equateur, l'Horizon, le Zodiaque, &c. On appelle petits cercles, ceux dont le plan ne partage pas la sphere en deux parties égales; ou, ce qui est la même chose, dont le centre n'est pas le même que celui de la sphere: tels sont les cercles polaires, & les deux tropiques.

CIRCONFERENCE, ligne courbe qui rentre sur elle-même, qui termine & renferme un certain espace; telle est la

ligne

ligne *QTRS*, *fig.* 3. ou *ADFG*, *fig.* 1. On confond assez souvent le cercle avec sa circonférence; cependant, à parler exactement, la circonférence est une ligne qui termine, & le cercle est l'espace terminé.

CIRCULAIRE, qui a la forme d'un cercle, ou qui se fait en tournant autour d'un centre; le mouvement d'une fronde est circulaire.

CONCAVE, qui est creux & rond; le dedans d'une calote, ou d'un chapeau est concave.

CONCENTRIQUE, qui a le même centre; le cercle *noh*, *fig.* 4. est concentrique à *NOH*, parce que le centre *C* est commun aux deux.

CONE, corps solide formé par la révolution d'une ligne droite fixée par un bout, & qui décrit par l'autre un cercle dont le rayon est plus petit qu'elle; c'est la forme qu'on donne communément aux pains de sucre; *voyez la fig.* 2. le point *I* se nomme le *sommet* ou la *pointe* du cône; la ligne *IK*, son *axe*; & le cercle *LMK*, sa *base*.

CONIQUE, qui a la figure d'un cône, ou qui appartient au cône; les différentes figures qui naissent de la coupe

d'un cône, ſe nomment *ſections coniques*.

CONVERGENTS, ſe dit de deux rayons de lumiere qui tendent à ſe réunir en un point. Si *AC*, *BC*, *fig.* 1. étoient deux rayons de lumiere qui partiſſent des points *A* & *B*, leur *convergence* ſeroit en *C*, & le degré de cette convergence ſeroit exprimé par la valeur de l'angle *ACB*.

CONVEXE, courbé ou cintré comme la ſurface extérieure d'un globe.

CORDE, en terme de Géométrie, eſt une ligne droite dont les extrémités terminent un arc de cercle comme *NO*, *fig.* 4. Cette ligne ſe nomme auſſi *ſoûtendante*. Si l'arc qu'elle meſure étoit la moitié de la circonférence, ou bien ſi elle paſſoit au centre du cercle, alors elle ſe nommeroit *diamétre*.

COURBE, ſe dit d'une ligne dont toutes les parties ne ſont pas dans la même direction; telle que l'arc *ABD*, *fig.* 1. On appelle auſſi ſurface courbe, celle dont toutes les parties ne ſont pas dans le même plan; telle eſt celle d'un globe, d'un cylindre, &c.

CUBE, corps ſolide régulier, terminé par ſix faces quarrées & égales: les dez à jouer ſont de petits cubes; *voyez la fig.* 5.

CUBIQUE, qui a les dimenſions d'un cube; un pied cubique exprime une quantité de matiere contenue ſous ſix faces, dont chacune eſt d'un pied en quarré.

CURVILIGNE, qui eſt composé de lignes courbes.

CYLINDRE, eſt un ſolide composé de pluſieurs plans circulaires, égaux & concentriques: le premier & le dernier de ces cercles prennent le nom de *baſe*, & la ligne *A B* qui paſſe par tous les centres, ſe nomme *l'axe* du cylindre. *Voyez la fig.* 7.

CYLINDRIQUE, qui a la forme ou les dimenſions d'un cylindre; ce qui doit s'entendre d'une cavité, comme d'un corps ſolide. Un corps de pompe, doit être intérieurement bien cylindrique.

DIAGONALE, ligne droite qui va d'un angle à l'autre opposé, dans une figure à pluſieurs côtés; telle eſt *V X*, *fig.* 6.

DIAMETRE, ligne droite qui partage un cercle en deux parties égales, comme *G D*, *fig.* 1. On appelle auſſi de ce nom les lignes qui paſſent par le centre des autres figures, comme *S T*, *fig.* 3. ou *V X*, *fig.* 6. On meſure les cercles par

leurs diamétres, comme auſſi toutes les figures, & tous les corps réguliers qui ſont compoſés de cercles; ainſi l'on compare les cylindres & les ſphéres par leurs diamétres.

DIVERGENTS, ſe dit de deux rayons de lumiere qui partent d'un même point, & qui vont en s'écartant l'un de l'autre, comme *CA*, *CB*, partant du point *C*, *fig.* 1. la *divergence* ſe meſure par la valeur de l'angle que font les rayons en s'écartant.

EQUILATERAL, qui a ſes côtés égaux, tel eſt le triangle *CDE*, *fig.* 8. compoſé de trois lignes égales; celui des côtés ſur lequel le triangle eſt poſé, ſe nomme ſa *baſe*, & l'angle qui eſt oppoſé, s'appelle le *ſommet*.

EXAGONE, qui a ſix côtés ou ſix faces; on dit un plan exagone, une pyramide exagone.

EXCENTRIQUE, qui n'a pas le même centre; le cercle *ohi*, *fig.* 4. eſt excentrique aux deux autres de la même figure, parce que ſon centre *D* n'eſt pas le même que le leur qui eſt en *C*; & la diſtance qui eſt entre *C* & *D*, eſt la meſure de cette *excentricité*.

GLOBE, eſt un ſolide régulier,

dont tous les points de la ſurface ſont également diſtans d'un centre commun, *fig.* 9.

GLOBULE, petit globe : on ſe ſert ſouvent de ce mot pour ſignifier un petit corps rond dans tous les ſens ; le mercure en ſe diviſant ſe met en globules ; les petites parties d'air paroiſſent dans l'eau en forme de globules.

HEMISPHERE, moitié de ſphere ou de globe : on entend aſſez ſouvent par ce mot, cette partie de la terre qui eſt bornée par l'horizon rationel ; le Soleil éclaire tous les jours notre hémiſphere.

HORIZONTAL, parallele à l'horizon : ce mot déſigne la poſition d'un plan ou d'une ligne.

INCIDENCE, ſignifie la chûte ou la direction d'une ligne ſur une autre ligne ou ſur un plan : on appelle *angle d'incidence*, celui qui eſt formé par cette rencontre.

LIGNE, eſt une ſuite de points qui ſe touchent : s'ils ſont dans la même direction, ils forment une *ligne droite*, comme *E F*, *fig.* 10. ſinon ils font une *ligne courbe* comme *E G F*. On conçoit toutes les lignes courbes comme des aſſemblages de lignes droites infiniment

petites, inclinées les unes aux autres ; *Ef*, *fg*, *gh*, *ikl* ; *fig.* 10. en ce ſens il n'y a point de ligne courbe proprement dite.

OBTUS, ſe dit d'un angle qui a plus de 90 degrés. *Voyez* Angle.

PARALLELE, ſe dit d'une ſurface ou d'une ligne qui, dans toute ſon étendue, eſt également diſtante d'une autre ligne ou d'une autre ſurface. Les lignes *Xx* & *Vu*, de la *fig.* 6. ſont paralleles entre elles.

PARALLELOGRAMME, figure plane dont les côtés oppoſés ſont paralleles entr'eux ; telle eſt la *fig.* 6.

PENTAGONE, figure plane, terminée par cinq côtés.

PERPENDICULAIRE, en parlant d'une ligne ou d'une ſuperficie, ſignifie qu'elle ſe préſente à une autre ligne ou ſurface, de maniere qu'elle fait avec elle deux angles droits, ou au moins un ; la ligne *HI*, *fig.* 11. eſt perpendiculaire à *LM*.

PLAN, étendue ou ſuperficie droite & unie, terminée par une ou par pluſieurs lignes droites ou courbes : la *fig.* 1. repréſente un plan circulaire ; la *fig.* 6. repréſente un plan quarré.

POINT, étendue fort petite, dont

on confond les dimenſions.

POLE, l'une des extrémités de l'axe autour duquel ſe font des révolutions. Les pôles du Monde ſont les deux points immobiles autour deſquels ſe fait le mouvement de toute la ſphére.

POLYGONE, figure qui a pluſieurs côtés ; c'eſt le nom générique dont les eſpéces ſont, le triangle, le quarré, le pentagone, l'exagone, &c.

PRISME, Corps ſolide terminé aux deux bouts par des plans polygones, égaux, ſemblables & paralléles, & dans ſa longueur, par autant de parallélogrammes qu'il y a de côtés aux deux polygones qu'on nomme les *baſes*. Quand ces deux baſes ſont des triangles, le priſme ſe nomme *triangulaire*, tel eſt celui qui eſt repréſenté par la *fig.* 12.

PRISMATIQUE, qui a la figure d'un priſme, ou qui a quelque rapport au priſme : on appelle *verres priſmatiques*, ceux dont on ſe ſert pour ſéparer les rayons de la lumiére ; on appelle auſſi quelquefois *couleurs priſmatiques* les rayons colorés de lumiére, qu'un priſme de verre fait appercevoir.

PYRAMIDE, Corps ſolide qui a pluſieurs faces, & qui s'éléve en diminuant,

fig. 13. Le cône peut être regardé comme une pyramide ronde.

QUADRILATERE, figure terminée par quatre lignes droites. La *figure* 6. est un quadrilatére régulier.

QUARRE', figure à quatre côtés, qui a les quatre angles droits ; si les quatre côtés sont égaux, elle se nomme *quarré parfait* ; s'il y en a deux longs & deux courts, qui soient opposés entr'eux, elle se nomme *quarré long* ; la *fig.* 6. est de la premiére espéce.

RAYON, en parlant d'un cercle, est une ligne droite tirée du centre à la circonférence, telle est *CB*, ou *CD*, *fig.* 1. le rayon du cercle s'appelle aussi *demi-diamétre*.

RECTANGLE, se dit d'une figure qui a un, ou plusieurs angles droits : le triangle *VXu*, *fig.* 6 est rectangle, parce que l'un de ses angles *u* est droit.

RECTILIGNE, qui est composé de lignes droites ; les deux triangles, ou le quarré de la *fig.* 6. sont des figures rectilignes.

SECTEUR, est un triangle formé par un arc & par deux rayons : tel est *ABC*, *fig.* 1. Le secteur d'une sphére est un cône droit, dont la base aboutit au plan d'un segment.

SEGMENT, eſt une portion d'une figure curviligne, terminée par un arc & par une corde; *O Z N*, *fig.* 4. eſt un ſegment de cercle. On dit auſſi *ſegment de ſphére*, pour exprimer la partie qui eſt contenue ſous une portion de la ſurface convexe, & ſous un plan qui ne paſſe point par le centre; c'eſt en quoi le ſegment différe de l'hémiſphére.

SINUS, eſt une ligne droite qu'on tire de la pointe d'un arc de cercle; perpendiculairement ſur le diamétre qui paſſe par l'autre bout du même arc, & celui-là s'appelle *ſinus droit*: comme *H K*, *fig.* 1. mais la partie du diamétre coupé par le ſinus droit juſqu'à la circonférence, s'appelle *ſinus verſe*, ou *fléche*, *K G*; & le rayon entier, ou demi-diamétre, eſt le *ſinus total*, ou le plus grand de tous les ſinus.

SPHÉRE. Voyez GLOBE.

SPHÉRIQUE, qui a la figure d'une ſphére, comme une balle parfaitement ronde de toutes parts.

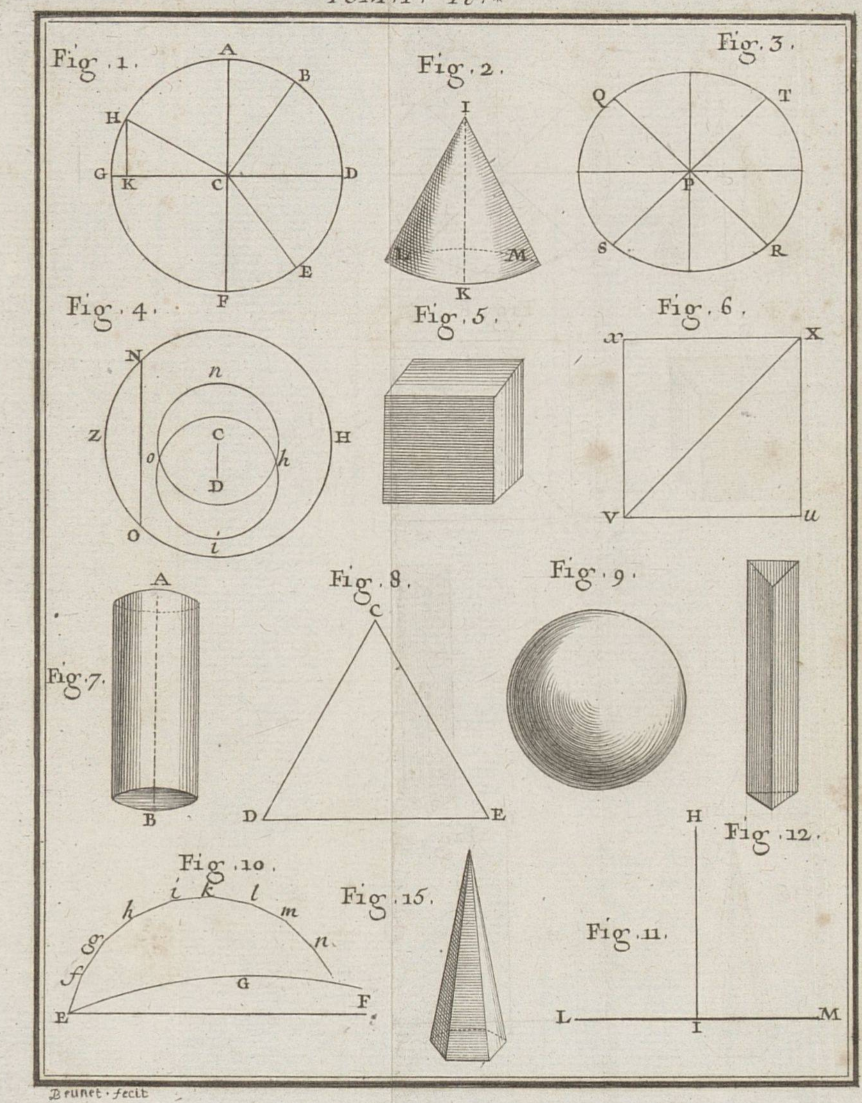
SPHÉROÏDE, Corps ſolide qui approche beaucoup de la figure ſphérique, mais qui n'eſt pas parfaitement rond de toutes parts, n'ayant point tous ſes diamétres égaux; telle eſt la figure

qu'on attribue maintenant à la Terre.

TRIANGLE, figure comprise sous trois lignes qui forment trois angles, *C D E*, *fig.* 8. Les triangles reçoivent différens noms, suivant la nature des lignes & des angles qui les composent. Ainsi l'on appelle triangle *rectiligne* celui qui est composé de lignes droites; *curviligne*, celui qui est formé par des lignes courbes; *mixte*, celui dont les côtés sont en partie droits & en partie courbes; *rectangle*, celui qui a un angle droit; *équilatéral*, celui dont les trois côtés sont égaux, &c.

VERTICAL, se dit de ce point du Ciel qui répond directement au-dessus de notre tête, ce que l'on nomme autrement *Zénith*: une ligne qui tombe à plomb de ce point, est nécessairement perpendiculaire à l'horison; c'est pourquoi l'on se sert quelquefois de ce mot pour exprimer une direction qui tombe à angles droits sur un plan horizontal.





Brunet fecit

AVIS AU RELIEUR.

Les Planches doivent être placées de maniére qu'en s'ouvrant elles puissent sortir entiérement du livre, & se voir à droite, dans l'ordre qui suit.

	lviii. *page*	*planche* *
I. Leçon.	34	1
	50	2
	60	3
	78	4
II. Leçon.	96	1
	120	2
	136	3
	176	4
III. Leçon.	188	1
	222	2
	258	3
IV. Leçon.	268	1
	286	2
	288	3
	300	4
	314	5
	326	6
	372	7



LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

PREMIERE LEÇON.

PRELIMINAIRE.



LA Physique est la science des corps ; son objet est de les connoître par leurs propriétés, par les effets qu'ils présentent à nos sens, & par les loix selon lesquelles s'exercent leurs actions réciproques. C'est en quoi principalement elle différe de l'Histoire Naturelle, qui nous apprend seulement quelles sont les productions de la nature, & les différences sensibles qui les carac-

térisent selon leurs genres & leurs espéces.

Nous appellons *Corps naturels* toutes les substances matérielles dont l'assemblage compose l'Univers. Ce que nous remarquons en elles d'uniforme & de constant dont nous n'appercevons pas les causes, nous le nommons *propriété*; & nous partons de-là comme d'un point fixe, pour expliquer les différens phénoménes, sans oser assurer que ce que nous donnons pour premiére cause physique, ne soit l'effet d'un autre principe qui nous est inconnu.

Si nous étions certains d'avoir entiérement pénétré la nature des corps; si nous sçavions, à n'en point douter, qu'ils n'ont pas d'autres propriétés que celles qui sont déja parvenues à notre connoissance, nous pourrions nous flatter avec raison d'en avoir une idée complette, & nous n'aurions plus que des applications à faire pour rendre raison des effets naturels, qui font l'objet de notre étude. Mais il s'en faut bien que nous puissions le présumer ; rien ne nous met en droit de faire une pareille supposi-

tion ; l'expérience qui nous a appris ce que nous ſçavons de ces propriétés des corps, bien loin de nous dire qu'elle n'a plus rien à nous faire connoître, ſemble au contraire nous annoncer une ſource intariſſable de nouvelles découvertes, par celles mêmes que nous faiſons tous les jours.

Quoique la Phyſique ne puiſſe pas ſe vanter de ſçavoir tout ce que les corps ont de commun entre eux, ou tout ce qu'il y a de particulier en chacun ; elle connoît cependant un certain nombre d'attributs, qu'elle regarde comme primitifs juſqu'à ce qu'elle apperçoive une cauſe premiére dont ils ſoient les effets, & qui ſe trouve généralement & d'une maniére abſolue dans tout ce qui eſt matiére. Telle eſt, par exemple, l'étendue actuelle, la figure en général, la mobilité, &c. qui accompagnent tous les corps d'une maniére inſéparable, dans quelque état ou dans quelque circonſtance qu'ils puiſſent être.

Il eſt des propriétés d'un ordre inférieur, qui ne conviennent à tous

les corps qu'autant qu'ils ſont dans certains états ou dans certaines circonſtances : celles-ci pour l'ordinaire ne ſont que des combinaiſons des premiéres, & forment une ſeconde claſſe. Telle eſt, par exemple, la *liquidité*, qui dépend probablement de la mobilité reſpective des parties, de leur figure, de leur grandeur, &c. elle ne convient qu'aux matiéres qui ſont dans cet état qui les fait nommer *liqueurs* : elle appartient à l'eau qui peut couler, & point à la glace, quoique ce ſoit le même corps.

Enfin ces propriétés du premier & du ſecond ordre, ſe combinent de plus en plus, & conviennent à un nombre de corps d'autant moindre : alors elles ne s'étendent plus à tous comme les premiéres ; elles n'embraſſent point certains états comme les ſecondes ; elles ſe bornent à des genres, à des eſpéces, aux individus même. Telles ſont pluſieurs propriétés de l'air, du feu, de la lumiére, des métaux, de l'aimant, &c. Nous allons traiter d'abord des propriétés les plus générales ; & nous deſcendrons enſuite dans le détail de

celles qui ſont particuliéres à certains corps.

PREMIERE SECTION.

De l'étendue & de la diviſibilité des Corps.

CE qui ſe préſente le premier à nos idées ou du moins à nos ſens, quand nous examinons les corps qui nous environnent ; c'eſt leur *étendue*, c'eſt-à-dire, une grandeur limitée d'une façon quelconque, à laquelle on conçoit des parties diſtinguées les unes des autres.

L'étendue matérielle dont il s'agit ici, a trois dimenſions, *longueur*, *largeur*, & *profondeur*, que les Géométres conſidérent & meſurent ſéparément l'une de l'autre, mais qui ſont inſéparables en Phyſique : car le plus petit corps eſt ſolide ; il a au moins deux ſurfaces réellement diſtinguées ; & comme la profondeur eſt compoſée de ſurfaces, & que les ſurfaces réſultent d'un aſſemblage de lignes,

il s'enſuit que le moindre de tous les corps eſt long, large, & profond.

Tous les grands corps, je veux dire ceux dont l'étendue eſt aſſez grande pour être viſible ou palpable, peuvent ſe partager en pluſieurs portions, qui décroiſſent toujours de grandeur, à proportion que la diviſion augmente, juſqu'à ce qu'enfin chacune d'elles échape à nos ſens. C'eſt ainſi que la lime réduit comme en poudre, un morceau de métal que le ciſeau a ſéparé d'une plus groſſe maſſe.

Quelque petites que nous paroiſſent alors ces portioncules de matiére, on ſe perſuade aiſément qu'elles ſont encore diviſibles; les Arts nous font connoître par mille procédés différens, que ces petits corps ſont eux-mêmes des aſſemblages de *molécules* ou petites maſſes ſéparables les unes des autres; le grain de froment que la meule met en farine, ſe ſubdiviſe encore bien davantage dans l'eau qui l'aide à fermenter.

Ces molécules elles-mêmes qui ne ſont ſenſibles que lorſqu'elles ſont pluſieurs enſemble, & que nos yeux peuvent à peine diſtinguer les unes

des autres avec le meilleur microscope, se décomposent encore en bien des occasions, & nous font connoître d'une maniére évidente, qu'elles ont des *parties* qui peuvent être séparées les unes des autres, & qui bien souvent ne se ressemblent pas. Un morceau de bois mis au feu, cesse bientôt d'être du bois : non-seulement les molécules qui composent sa masse, se désunissent ; mais les parties même que la nature avoit liées ensemble pour former ces molécules, cédent aussi à l'action du feu, & paroissent séparément sous la forme de fumée, de flamme, de cendres, &c.

Enfin ces derniéres parties, souvent différentes entre elles, mais dont l'union formoit de petites masses semblables dans un même tout ; ces parties, dis-je, ne sont point encore des êtres que nous puissions regarder comme absolument insécables. Quoiqu'on leur donne quelquefois le nom de *principes*, c'est plutôt une dénomination d'usage, qu'un titre sur lequel on puisse s'appuyer pour leur attribuer l'indivisibilité physique. On a raison de croire que dans l'état

où elles se présentent ordinairement, elles n'ont point acquis le dernier dégré possible de petitesse ; elles ont leurs *Elémens*, & ces Elémens sont encore de nature différente dans plusieurs : tel est, par exemple, le soufre qu'on regardoit autrefois comme une de ces substances inaltérables, employées par la nature dans la composition des corps, & qu'une Physique plus éclairée trouve encore le moyen de décomposer, & même d'imiter.

Mém. de l'Acad. 1704. p. 278.

Mais quand nous avons épuisé tous nos efforts pour diviser une matiére, que les procédés nous manquent, & que l'expérience refuse de nous éclairer ; que devons-nous penser de la divisibilité des corps ? & quelle doit être la régle de nos conjectures ? devons-nous croire que tout est fait ; que nous avons poussé la nature jusques dans ses derniers retranchemens, & que nous sommes arrivés à ces petits corps simples, avec lesquels on peut croire qu'elle a commencé l'ouvrage que nous avions entrepris de décomposer ?

Il y auroit de la présomption à le penser ; & les difficultés même que

nous avons trouvées dans nos tentatives, doivent au moins nous faire ſoupçonner le contraire. Quand nous entreprenons de diviſer un corps, l'exécution endevient de plus en plus difficile, à meſure que les parties diviſées décroiſſent de grandeur : c'eſt que nous ne pouvons les ſéparer, qu'en faiſant agir entre elles une matiére étrangére qui les déſuniſſe, ou en les ſaiſiſſant extérieurement pour les forcer à ſe ſéparer : plus elles deviennent minces, moins elles donnent de priſe aux moyens qu'on employe ; & leur déſunion eſt d'autant plus difficile, qu'elles ſe reſſemblent davantage, ou qu'elles approchent plus de la premiére ſimplicité, ſoit qu'elles ſe touchent alors par des ſurfaces plus analogues, ſoit qu'il ſe trouve peu de corps plus durs & plus petits qu'elles pour les entamer. Il eſt donc tout naturel de croire que quand une matiére ne ſe diviſe plus, c'eſt bien moins parce qu'elle n'a plus de parties à diviſer, que parce qu'il n'y a plus rien d'aſſez ſubtile pour interrompre ſa continuité.

La matiére eſt-elle donc diviſible à l'infini ?

Ce que nous avons dit juſqu'ici, n'engage point à le conclure ; & cette queſtion qui fait tant de bruit dans les Ecoles, paroît ſe réduire à peu de choſes quand on veut s'entendre. Car s'il s'agit d'une diviſibilité purement idéale, il eſt évident qu'on peut répondre par l'affirmative ; puiſqu'alors tout ſe réduit à ſçavoir ſi l'on conçoit toujours comme diviſible un corps, quelque diviſé qu'il puiſſe être : or il eſt certain qu'on le conçoit ainſi ; on imagine encore deux moitiés dans la plus petite particule : les ſurfaces qui la renferment, quoiqu'infiniment rapprochées, ne ſe confondent jamais ; & l'on pourra toujours dire la même choſe à chaque nouvelle diviſion qu'on voudra feindre. Cette diviſibilité imaginaire n'a donc point de bornes, de ſorte que ſi l'Art & la Nature s'entendoient pour exécuter tout ce que nous pouvons penſer, on pourroit trouver dans l'aîle de la plus petite mouche un nombre de parties qui égaleroit enfin celui des grains de ſable qui ſe rencontrent ſur les bords de tout l'Océan : propoſition qui ne peut paroître paradoxe, qu'à ceux

qui confondroient la comparaiſon de nombres (qui eſt la ſeule dont il s'agit ici) avec celles des grandeurs matérielles.

Mais la nature eſt-elle auſſi féconde que notre imagination ? ce que nous concevons comme poſſible, a-t-il lieu dans le réel ? Ces petites portions d'étendue qui ſe touchent ſans ſe confondre, pour être réellement diſtinguées l'une de l'autre, ſont-elles pour cela actuellement diviſibles ? Ont-elles jamais exiſté, ou eſt-il même de leur nature de pouvoir exiſter ſéparément l'une de l'autre ? C'eſt ſur quoi l'expérience n'a rien prononcé de certain ; & comme en matiére de Phyſique les preuves tirées des faits ſont les ſeules qui éclairent, on peut dire que cette queſtion eſt indéciſe.

Cependant pluſieurs Philoſophes en ſuppoſant des bornes à cette diviſibilité phyſique, ont pris le parti de dire que les Elémens des Corps étoient abſolument *inſécables*, & que la nature même en les formant s'étoit impoſé comme une loi de ne les jamais diviſer. Ils citent pour preuve une expérience de ſix-mille ans ; c'eſt pour

cela, disent-ils, que l'état naturel des choses a toujours subsisté le même depuis sa premiére origine; un chêne est toujours un chêne; un cheval est aujourd'hui ce qu'il étoit au commencement; si les Germes, ou ce qui constitue chaque nature en particulier, étoit quelque chose de divisible, la nature en général n'auroit-elle pas changé de face, par les différentes mutations qu'auroient souffertes les espéces particuliéres?

Quoique j'aye plus de penchant pour admettre les *Atômes* ou Corpuscules insécables, que pour supposer la matiére physiquement divisible à l'infini; je ne puis dissimuler cependant que l'argument que je viens de citer, tout spécieux qu'il est, n'a point assez de force pour décider la question, & qu'on y peut répondre validement. Car, quand bien même ces petits Etres, production immédiate de la création, ne seroient point insécables, comme on le suppose, l'Auteur de la nature n'auroit-il pas pourvu suffisamment à la durée de ses œuvres, en ne laissant dans le monde que des moyens impuissans pour en dé-

ranger l'œconomie ? Que l'on prouve donc que l'indivisibilité absolue des parties primordiales est la seule voie qu'ait dû prendre la sagesse du Créateur pour rendre chaque espéce inaltérable. Mais si cette admirable uniformité avec laquelle nous voyons que la nature se reproduit tous les jours, n'est point une preuve invincible de l'existence des Atômes ; elle doit au moins faire penser que nous ne devons pas nous promettre si légérement de changer, selon notre gré, une matiére en une autre ; tous les moyens que l'art pourroit nous fournir pour de semblables opérations, ne seroient que de foibles imitations de la nature, des digestions, des fermentations, des calcinations, &c. & si la nature elle-même depuis son origine s'est conservée constamment, & sans aucun changement, malgré tous les mouvemens qui se sont opérés & qui s'opérent tous les jours dans son propre sein ; devons-nous nous flatter de faire des miracles dans nos Laboratoires ? La Chymie plus sçavante aujourd'hui qu'elle n'a jamais été, abandonne par cette raison même,

de plus en plus, ces ſortes de prétentions chimériques, pour s'attacher à des opérations d'une utilité plus réelle. Elle décompoſe, le plus qu'elle peut, les productions naturelles, pour en connoître les propriétés ; elle en fait des Extraits qu'elle tourne à nos uſages ; & ſi elle cherche à imiter la nature, ce n'eſt plus en eſſayant de compoſer des matiéres qu'elle ne ſe flatte pas même de bien connoître.

De ce que nous venons de dire touchant la diviſibilité des Corps, il réſulte, 1°. qu'il n'y a point de bornes à cette diviſion mentale, qui n'exige dans la matiére qu'une diſtinction réelle de parties ; 2°. que la diviſibilité phyſiquement poſſible ou non poſſible à l'infini, n'eſt qu'une affaire de ſyſtême, où l'on trouve des probabilités pour & contre ; 3°. qu'on ne peut nier au moins une multiplicité de parties actuellement ſéparables, & ſi petites, que leur nombre & leur ténuité ſurpaſſent de beaucoup les idées communes.

La derniére de ces trois propoſitions eſt la ſeule qui ſoit ſuſceptible de ce genre de preuves auquel nous

nous bornons dans cet ouvrage. J'en appelle donc à l'expérience, & j'entreprens de faire connoître par des faits dignes de curiosité, ce que l'on doit penser de la prodigieuse divisibilité des Corps.

PREMIE'RE EXPE'RIENCE.

Preparation.

QUe l'on établisse sur trois petits cloux, ou d'une maniére équivalente, une piéce mince de monnoie, de cuivre, d'argent, ou d'or : & qu'on allume dessous & dessus de la Fleur de Soufre, ainsi qu'il est représenté par la *Figure* 1.

Effets.

Par cette opération dont certaines gens abusent pour altérer la monnoie, la piéce se sépare en deux selon son plan ; & fort souvent l'une des deux parties plus mince & plus cassante, laisse encore l'autre assez bien marquée pour ne paroître pas sensiblement diminuée.

EXPLICATIONS.

Un Corps est divisé, quand la liaison de ses parties est interrompue par une matiére étrangére, & qui n'est pas propre à s'unir avec elles : c'est ainsi qu'une lame de couteau sépare un morceau de bois en deux. La partie la plus subtile du Soufre qui se dévelope en brûlant, & qui s'insinue de part & d'autre entre les parties du métal dilaté par le feu, forme dans l'intérieur de la piéce, & selon son plan, une couche de matiére étrangére au métal, qui cause la division, & qu'on apperçoit quand les parties sont séparées.

APPLICATIONS.

La même cause qui désunit les surfaces liées, les empêche aussi de se joindre, quand bien même elles auroient pour cela toutes les dispositions nécessaires ; c'est donc par cette raison, qu'on employe les huiles & les graisses pour tenir séparées des matiéres dont on veut empêcher l'union ou le mêlange ; quelque chose d'humide, pour prévenir l'adhérence de celles

celles qui ſont graſſes, des poudres abſorbantes, quand il régne ſur les ſuperficies une fluidité qui les feroit s'attacher. Ainſi, pour nous ſervir de quelques exemples familiers, nous ferons remarquer qu'on employe le beurre à froid & par couches dans les pâtes qui doivent être feuilletées; que l'on enduit de quelque matiére liquide l'intérieur des moules où l'on doit couler la Cire, le Soufre, &c. & que l'on poſe ſur du ſable ſec les vaiſſeaux nouvellement formés dans les manufactures de porcelaines ou de fayance. C'eſt auſſi pour cette raiſon, que dans les Arts on a grand ſoin de bien nétoyer les ſurfaces qu'on veut aſſembler à demeure.

L'uſage des colles & des ſoudures n'eſt point un argument qui démente cette propoſition; quoique ce ſoit interpoſer une matiére étrangére entre les parties qu'on veut joindre.

Ce qui fait principalement qu'une couche d'eau interpoſée, par exemple, entre deux morceaux de Cire entretient ordinairement leur déſunion, c'eſt que l'eau n'étant point propre à pénétrer les Corps gras, & ne s'y ap-

pliquant même qu'imparfaitement, ſon interpoſition ne peut point leur ſervir de lien commun. Mais il n'en eſt pas de même d'une colle qui peut pénétrer tant ſoit peu les piéces qu'elle doit attacher enſemble; c'eſt un Corps fluide quand on l'employe, & qui par cette raiſon ſe moule de part & d'autre dans les creux inſenſibles des ſurfaces; mais bientôt il devient ſolide, parce que ſon humide l'abandonne, & qu'il pénétre plus avant; alors ces petits liens multipliés preſqu'autant de fois qu'il y a de petits vuides entre les parties ſolides des ſurfaces, font une adhérence très-conſidérable. C'eſt par le même principe, quoiqu'un peu differemment, que les ſoudures ſervent à lier les métaux; un mélange de plomb & d'étain, par exemple, mis en fuſion par l'attouchement d'un fer chaud, pénétre les premiéres ſurfaces du métal dilaté par la même chaleur; un prompt refroidiſſement donne lieu à ſes parties de ſe rapprocher; la ſoudure qui perd en même tems ſa fluidité, ſe trouve adhérente de part & d'autre, ſert de lien commun aux piéces, & les joint.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

DAns un verre à boire on met des petites feuilles de cuivre ; dans un autre verre ſemblable on met un peu de limaille de fer ou d'acier ; on verſe dans l'un & dans l'autre une demie once d'eau - forte. Voyez *les Figures* 2. & 3.

EFFETS.

Dans le premier vaiſſeau, il ſe fait un petit bouillonnement ; le métal paroît agité ; ſon volume diminue en apparence ; la liqueur s'échauffe ; elle prend une couleur verte ; les feuilles diſparoiſſent enfin ; & l'on apperçoit une vapeur qui s'éléve au-deſſus du verre. Dans l'autre vaſe, on remarque des effets à peu près ſemblables, mais plus prompts, plus violents, & la couleur approche du rouge.

EXPLICATIONS.

Les parties de l'eau - forte qu'on

peut considérer comme autant de petits tranchans, ou de petites pointes fort aiguës, sont portées entre les parties du cuivre & du fer par une force dont la connoissance partage encore les Physiciens, & sur laquelle l'expérience n'a point encore prononcé d'une maniére décisive; chaque petite masse pénétrée de toutes parts, disparoît peu à peu par la division de ses parties qui nâgent indépendamment l'une de l'autre dans la liqueur qui les a désunies, & qui par leur mélange paroît sous une couleur qu'elle n'avoit pas avant l'opération. La chaleur qui naît pendant la dissolution est une suite naturelle du mouvement des parties & de l'action d'une matiére sur l'autre : comme aussi la vapeur qui s'éléve sensiblement, est un effet de la chaleur augmentée.

La même chose s'opére dans l'autre verre avec plus de promptitude, & avec plus de violence; la principale raison de cette différence, c'est que l'eau-forte dont on se sert dans ces deux opérations pour diviser les masses, a plus lieu d'exercer son ac-

tion ſur le ſer réduit en limailles, que ſur le cuivre qu'on a laiſſé en feuilles; elle agit d'autant plus qu'elle eſt appliquée en même-tems à plus de ſurface; or les quantités de matiéres étant égales, celle-là préſente plus de ſuperficie, qui eſt plus diviſée. Suppoſons, par exemple, une once de fer raſſemblée en une petite maſſe ſphérique; ſi l'on coupe ce petit globe par ſon diamétre, on augmentera ſa ſurface; car il n'aura pas moins qu'auparavant celle de ſes deux hémiſphéres; mais il aura de plus celle qu'on aura fait naître par ſa coupe diamétrale: & ſi l'on multiplie les coupes, il eſt aiſé de voir qu'on augmentera de plus en plus ſa ſuperficie.

Une raiſon qu'on peut ajouter, c'eſt que le cuivre à volume égal, eſt plus peſant que le fer; il y a donc plus de vuide dans le dernier de ces deux métaux, & par conſéquent plus d'accès à l'eau-forte: toutes choſes étant égales d'ailleurs.

Quant aux couleurs que prend la liqueur par ces diſſolutions, ce n'eſt point ici le lieu d'en parler; nous

expliquerons ces ſortes d'effets en traitant de la lumiére.

APPLICATIONS.

L'eau commune fait à l'égard d'un grand nombre de corps, ce que l'eau-forte opére ſur les métaux; elle diviſe les terres, les ſels, les ſucs des plantes, &c. elle ſe charge de leurs parties diviſées, & elle les tient ſéparées, tant qu'elle eſt en quantité ſuffiſante pour empêcher qu'elles ne ſe rejoignent. Les riviéres ne paroiſſent troubles après les pluies ou après les fontes de neiges, que parce qu'elles reçoivent alors dans leurs lits des eaux qui ſont chargées de ſable & de terre. Les ſources minérales prennent leurs différentes qualités des matiéres qu'elles contiennent en particules ſi ſubtiles, que leur tranſparence n'en eſt point altérée; & la mer eſt ſalée, ſelon l'opinion commune & la plus vraiſemblable, parce qu'elle diſſout des mines de ſels qui ſe rencontrent dans ſon lit, comme il s'en trouve dans les autres parties de la terre.

Ces ſortes de diſſolutions ne dé-

composent point les corps ; elles ne font rien autre chose que diviser leurs masses, & rendre indépendantes les unes des autres leurs molécules ainsi désunies. L'Art nous fournit même des moyens très-faciles pour les remettre dans leur premier état ; il suffit le plus souvent d'évaporer la liqueur qui les tient en dissolution, & c'est la voie la plus simple quand leurs parties sont moins évaporables que celles du dissolvant. Cette pratique est en usage pour séparer le sel de l'eau dans les Salines, pour tirer le salpêtre des lessives qui le contiennent, pour rafiner les sucres, pour augmenter la force des bouillons qu'on nomme consommés, & généralement pour épaissir toutes les matiéres où la partie liquide est trop abondante.

On peut encore rassembler ce qui est dissout en le précipitant ; ce qui ne manque pas d'arriver toutes les fois qu'on présente au dissolvant une matiére plus pénétrable pour lui, que celle dont il est chargé ; car alors en entrant dans la nouvelle masse, il dépose les autres parties que leur pro-

pre poids rassemble au fond du vase ; c'est ce qu'on voit arriver, par exemple, quand on verse de l'esprit de vin sur de l'eau qu'on avoit rassasiée de sucre ; parce que l'un de ces deux liquides pénétre l'autre, & abandonne les parties de sucre dont il étoit chargé.

Quand on précipite ainsi les métaux, on le peut faire d'une façon curieuse, & qui n'est que trop capable d'en imposer à ceux qui ne sont point instruits de ces sortes de faits. Si, par exemple, on trempe une lame de fer dans une dissolution de cuivre ou de vitriol bleu avec l'eau-forte ; le dissolvant agira par préférence sur le fer, & déposera des parties de cuivre en la place de celles qu'il détachera de la masse de fer, de sorte qu'à la fin de l'opération on pourra tirer du vaisseau une lame de véritable cuivre : mais c'est abuser de cette expérience, que de la proposer comme un procédé pour convertir le fer en cuivre ; puisqu'on ne retire jamais de ce dernier métal, que ce qu'on en avoit fait entrer dans la premiére dissolution.

Les infuſions à proprement parler, ne ſont encore que des diſſolutions ordinairement plus lentes, avec cette différence qu'aulieu de faire diſparoître toute la maſſe, elles en détachent ſeulement une certaine portion.

Les corps qu'on fait infuſer ſont pour l'ordinaire composés de parties de différentes natures : la liqueur qui les pénétre, ſe charge de celles qui cédent à ſon action ; & les autres qui s'y refuſent, demeurent liées ſous un volume qui différe peu de celui qu'elles avoient. Le bois d'Inde, celui de Bréſil, &c. trempés dans l'eau commune, lui abandonnent un certain ſuc que la nature a placé entre les fibres de ces ſortes de bois ; cet extrait qui fait une teinture, ne laiſſe point appercevoir de diminution ſenſible quant au volume, dans les morceaux qui en ſont dépouillés.

Les infuſions deviennent bien plus promptes & plus chargées avec l'eau chaude : la chaleur augmente la liquidité de l'eau, & la rend plus pénétrante ; elle dilate les ſolides qu'on y plonge, & les rend plus pénétrables ; ces deux raiſons concourent au mê-

me effet. Les racines & les fruits qu'on fait cuire pour ſervir d'alimens, ne ſe dépouilleroient point dans l'eau froide des ſucs acres & des autres parties déſagréables, qu'on leur ôte en les faiſant bouillir.

Quoique les diſſolutions & les infuſions qui ne font que diviſer ou extraire, ne changent rien à la nature des parties qu'elles ſéparent, & qu'elles détachent; cependant elles les rendent propres à des effets, pour leſquels on les appliqueroit envain ſans l'une ou l'autre de ces préparations. Quels ſecours pourroit-on attendre de la plûpart des minéraux ou des végétaux qu'on emploie dans la Médecine, ſi une diviſion beaucoup plus grande qu'on ne peut la faire avec aucun tranchant ordinaire, ne procuroit à ces mêmes corps une quantité de ſurface ſuffiſante, des grandeurs & des figures convenables aux parties intérieures du corps animé ſur lequel ils doivent agir? Cette agréable variété de couleur qu'on admire dans les étoffes & dans toutes les matiéres ſuſceptibles de teinture, ne vient-elle pas des infu-

ſions en plus grande partie ? Des ſucs qui ſe ſont épaiſſis dans les plantes mêmes où la nature les a préparés, & qui y reſteroient en pure perte pour nous, ſe ramolliſſent & s'étendent dans l'eau, qui les pénétre ; ils s'impriment avec elle ſur une ſurface préparée ; l'eau s'évapore, & l'impreſſion reſte.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

La quatriéme figure repréſente une petite caſſolette de verre en partie pleine d'une liqueur odorante, comme de l'eau defleurs d'orange, ou de l'eſprit de vin chargé de lavande, & poſée ſur une petite lampe allumée.

Effets.

Quand la liqueur commence à bouillir, il ſort par le bec de la caſſolette une vapeur fort abondante qui ſe répand dans toute la chambre, & qui s'y fait ſentir d'une extrémité à l'autre, ſans cependant qu'il paroiſſe une diminution ſenſible dans le volume de la liqueur, lorſque l'expérience ceſſe après deux ou trois minutes.

EXPLICATIONS.

La vapeur qui porte ſon odeur dans toute la chambre, n'eſt rien autre choſe que la partie la plus évaporable de la liqueur, que le feu a ſéparée de la maſſe, & qu'il a extrêmement diviſée : ces petits corps, nonobſtant le peu de diminution qu'ils cauſent au volume qu'ils ont quitté, ſe trouvent en aſſez grand nombre pour ſe répandre également, & ſe faire ſentir dans un très-grand eſpace.

Si l'on veut connoître de plus près ce nombre prodigieux de particules odorantes, & ſe repréſenter d'une maniére plus préciſe la diviſion ſurprenante qu'a dû ſouffrir la petite quantité de liqueur évaporée ; il ſuffit de la comparer au volume d'air contenu dans une chambre qui peut avoir 12. pieds en quarré ſur 10. de hauteur. Quand ce peu de liqueur dont il s'agit, égaleroit deux lignes cubiques avant l'expérience, & qu'après l'évaporation, il ne ſe trouvât que 4. particules dans chaque ligne cubique d'air ; (ſuppoſition qu'on peut faire en mettant les choſes au

pis ;) que de millions de parties n'appercevra-t-on pas par cette comparaison, & par ce calcul qu'on peut faire facilement ? Mais ces millions de parties, de combien ne seront-ils pas encore augmentés, si l'on fait attention que ce qui fait ici l'odeur sensiblement répandue, n'est que la moindre partie de ce qui s'est évaporé ? Car dans une liqueur ou dans une vapeur odorante on doit distinguer les parties propres du liquide de celles dont il est parfumé.

APPLICATIONS.

Les odeurs considérées par rapport à nos sens, sont des impressions faites sur l'organe par les Corpuscules qui s'exhalent des Corps odorans. Ce qui se passe en petit dans l'expérience qu'on vient de citer, nous l'éprouvons tous les jours en grand par divers effets naturels. Il régne sur notre globe un certain degré de chaleur, qui varie selon les tems & les lieux ; ce feu que la nature entretient, & qui met tout en mouvement, joint à d'autres causes dont nous parlerons ailleurs, détache continuelle-

ment les parties les plus ſubtiles de tous les Corps qui couvrent la ſurface de la terre : celles qui ſont propres à ſe faire ſentir par l'odorat, répandues & flotantes comme les autres dans la partie de l'Atmoſphére qui en eſt chargée, ſe font d'autant plus ſentir, qu'elles ſe trouvent en plus grand nombre dans un volume d'air déterminé. C'eſt par cette raiſon ſans doute, que l'on ſent mieux les fleurs d'un jardin le ſoir, lorſque l'air ſe rafraîchit, que dans le fort de la chaleur du jour. Cette fraîcheur qui condenſe l'air aux approches de la nuit, en rapprochant ſes parties reſſerre auſſi davantage les exhalaiſons dont il eſt chargé, & quand on le reſpire en cet état, il porte avec lui ſur l'organe un plus grand nombre de ces parties odorantes dont nous parlons.

Si la chaleur entretient toujours une quantité plus ou moins grande de mouvement dans tous les Corps, & qu'elle occaſionne par-là, comme on n'en peut douter, une perte continuelle de leur ſubſtance ; doit-on s'étonner que tout périſſe avec le tems, & que certains Corps diminuent &

s'évanouiſſent promptement ? C'eſt ainſi que les étangs & les marais ſe deſſéchent, quand les pluies ou les ſources ne réparent point l'évaporation.

Mais pour nous renfermer dans des exemples pris des Corps odorans, ne le remarquons-nous pas d'une maniére bien ſenſible dans les plantes & dans les fleurs ? pourquoi pendant la grande chaleur s'affoibliſſent-elles juſqu'à plier ſous leur propre poids ? pourquoi le matin reparoiſſent-elles avec leur premiére vigueur ? n'eſt-ce pas que ce qui s'exhale pendant le jour excéde la réparation qui vient du ſein de la terre ? pendant la nuit il n'en eſt pas de même, les vuides ſe rempliſſent.

Quoique les plantes par leurs exhalaiſons perdent une ſi grande quantité de leur ſubſtance, on ne peut pas dire pour cela, que la partie deſtinée aux odeurs ait beaucoup de part à leur dépériſſement ſenſible. Il paroît par tous les autres corps de ce genre, que la nature les a ſoumis à une diviſibilité ſi prodigieuſe, qu'ils peuvent fournir à leur effet pendant des eſpaces de tems qui ſurprennent.

Tout le monde ſçait qu'un grain de muſc ſe fait ſentir d'une maniére incommode pendant vingt ans, dans un appartement où l'air ſe renouvelle tous les jours. Ne ſçait-on pas de même que des chiens courent un cerf pendant ſix heures quelquefois, ſans avoir le plus ſouvent d'autre guide que l'odeur qu'il laiſſe après lui ? combien donc de corpuſcules cet animal laiſſe-t-il échaper, pour tracer ſi long-tems ſa route à quarante autres animaux, à la vûe deſquels il ſe dérobe ſouvent?

La plûpart des bêtes, & ſur-tout les chiens, ont l'odorat très-fin; la diſpoſition de cet organe dont la partie principale eſt en dehors, & le fréquent uſage qu'ils en font, contribuent ſans doute à cette délicateſſe que nous n'avons pas: la nature nous en a dédommagés par le toucher, que nous avons beaucoup plus exquis ; c'eſt auſſi de tous nos ſens celui dont nous nous ſervons le plus, après les yeux, dans l'examen que nous faiſons des differens objets qui ſe préſentent: mais les animaux qui ne touchent que très-rarement par forme d'épreuve, examinent avec le nez ce que leur

vûe leur annonce d'intéreſſant ; comme ils ſont preſque uniquement occupés du ſoin de leur nourriture, & qu'il y a beaucoup d'affinité entre l'odorat & le goût, il convenoit qu'ils ſçuſſent mieux flairer que tâter.

IV. EXPE'RIENCE.

PREPARATION.

Au fond d'un grand vaſe de criſtal, on délaye le poids d'un grain de Carmin, & l'on remplit d'eau bien nette le vaſe, qui tient dix pintes de Paris, & qui eſt repréſenté par la Figure cinquiéme.

EFFETS.

La couleur s'étend de maniére que tout le volume d'eau en paroît ſenſiblement teint.

EXPLICATIONS.

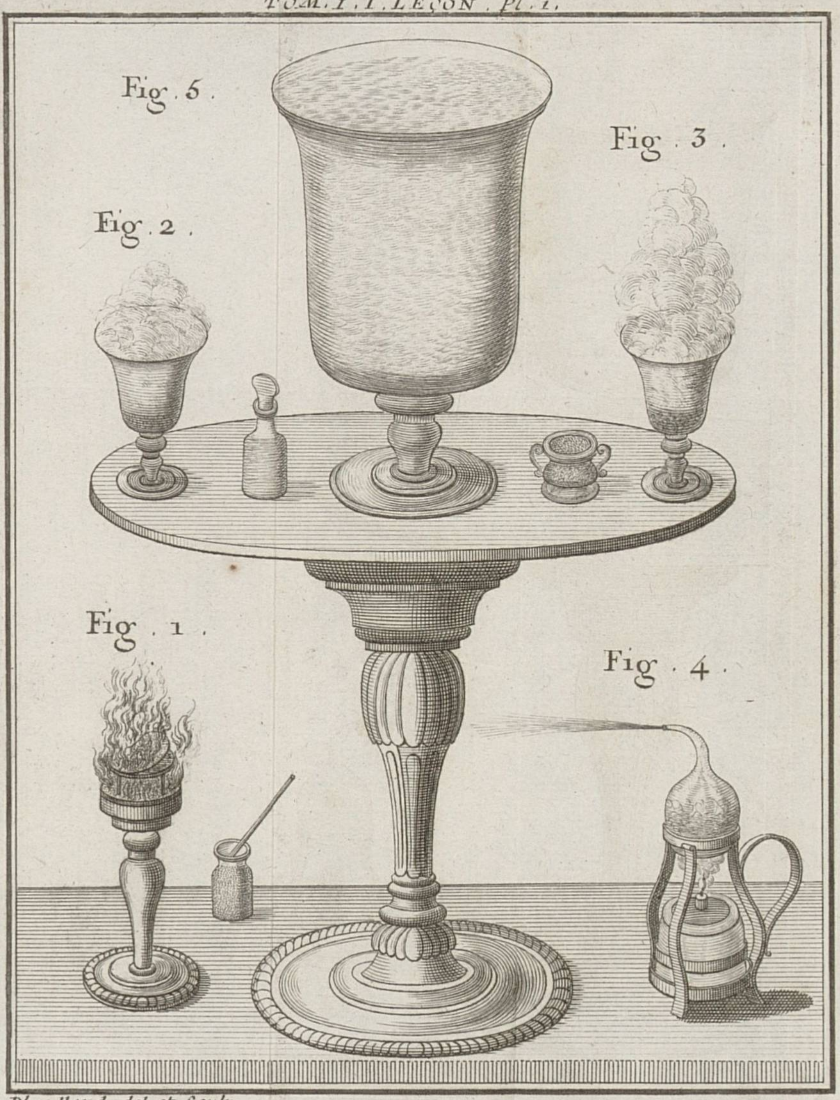
Le Carmin eſt une fécule, ou une eſpéce de lie très fine, que l'on tire par infuſion de la cochenille, & de quelques matiéres végétales ; les parties qui ont déja été diviſées par la préparation qu'on en a faite, cédent fort

aiſément à l'action de l'eau qui les pénétre & qui les étend ; de maniére qu'elles ſe partagent proportionnellement à toute la maſſe du fluide.

Pour concevoir aiſément combien la matiére eſt diviſée dans cette derniére expérience, il ſuffit de connoître le rapport du poids d'un grain à celui de dix livres, qui eſt comme l'unité à quatre-vingt douze mille cent ſoixante. Mais une quantité d'eau peſant un grain, ſe préſente encore ſous un volume bien ſenſible, qui, pour être coloré uniformément, doit contenir pluſieurs particules de Carmin ; quand on n'y en ſuppoſeroit que dix, le produit que nous venons de citer, ſe trouveroit augmenté encore de dix fois ſa valeur ; ce qui fera neuf cent vingt-un mille ſix cens parties ſenſibles dans un volume qui étoit bien peu conſidérable avant que d'être étendu dans l'eau.

APPLICATIONS.

C'eſt par des particules de matiéres ainſi diviſées & étendues dans quelques liquides, que les Peintres & les Teinturiers donnent aux ſurfa-



Dheulland del. et Sculp.

ces des corps certaines couleurs qu'elles n'ont pas naturellement. Celles qui ſont peintes toujours cachées ſous l'enduit dont on les couvre, ne ſont plus viſibles par elles-mêmes, mais par les couches dont le pinceau les a revêtues. Il n'en eſt pas de même de celles que l'on fait teindre; on les prépare pour l'ordinaire dans un bain qui, par la chaleur, & par l'action de certains ſels, dilate les pores, & creuſe une infinité de petites cellules propres à recevoir enſuite les parties colorantes; c'eſt principalement cette préparation qui rend les teintures durables, & qui empêche que les matiéres teintes ne ſe décolorent quand on les lave. Ce n'eſt pourtant pas toujours des particules colorantes qui teignent les ſurfaces; nous ferons voir en traitant de la lumiére, que le changement de couleur dépend ſouvent d'un nouvel arrangement que prennent entre elles les parties mêmes des ſurfaces, comme quand l'eau-forte, par exemple, change le papier bleu en rouge, ou que la chaleur rougit une écreviſſe.

OUTRE les expériences que nous ve-

nons de citer pour prouver la divisibilité des corps ; les Arts nous offrent des pratiques ingénieuses qui la font connoître d'une maniére aussi évidente. On ne peut voir sans être surpris, la prodigieuse ductilité de l'or & de l'argent. Les Ouvriers qui battent & qui filent ces métaux, leur procurent un dégré d'étendue qui s'est attiré depuis long-tems l'attention des Philosophes. Boyle * est un des premiers qui ait fait cette remarque, que le poids d'un grain d'or mis en feuilles peut couvrir une surface de 50. pouces quarrés. Cette observation donne lieu d'appercevoir par un calcul fort simple un nombre étonnant de parties visibles dans cette petite quantité de métal. La longueur d'un pouce contient au moins deux cens parties visibles ; puisque sur des instrumens de Mathématiques on le trouve quelquefois partagé par cent divisions, & qu'un Observateur un peu attentif peut fort aisément tenir compte des moitiés. En faisant donc cette supposition qui est très-recevable, une feuille d'or d'un pouce quarré, pourra se couper en deux

* *De mirâ subtilitate effluviorum. cap. 2.*

cens petites bandes plates, & chaque petite bande en deux cens petits quarrés ; de ſorte que toute la feuille ainſi diviſée, donnera quarante mille parties, qui eſt le produit de 200. multiplié par 200.

Mais dans un grain d'or battu, on trouve 50. petites feuilles ſemblables à celles que nous venons de diviſer ; on doit donc multiplier encore 40000. par 50. ce qui donnera deux millions pour la ſomme des parties que l'on peut compter avec les yeux dans une portioncule de matiére qui n'eſt que la 72e. partie d'un gros. Ce nombre quelque prodigieux qu'il ſoit, ſe trouve encore augmenté de moitié, quand on fait attention que chacune de ces particules d'or peut être vûe & touchée au moins par deux ſurfaces, ou par les deux plans oppoſés dont les dimenſions ſont égales.

Ce que les feuilles d'or & d'argent nous apprennent de la ductilité de ces deux métaux, & de la diviſibilité ſurprenante de leurs parties, eſt encore bien au-deſſous de ce que l'on remarque chez les ouvriers qui

préparent le fil d'argent doré dont on se sert pour fabriquer les étoffes, le galon, la broderie, &c. Cet Art où le commun des hommes ne trouve qu'un objet de commerce, ou des ressources pour le luxe, présente aux yeux d'un Philosophe, des merveilles qui n'ont point échappé aux observations de Boyle, du Pere Mersene, de Rohault, & de plusieurs autres Physiciens, dans ces tems où il n'étoit point encore arrivé au dégré de perfection qu'il a acquis depuis. M. de Reaumur * qui l'a examiné avec cette exactitude qu'on lui connoît, en a mieux que personne découvert les beautés, & fait connoître le véritable merveilleux. C'est d'après lui que je vais donner ici une idée de la prodigieuse extension dont l'or est capable quand on le file.

* *Mém. de l'Acad. des Sc. 1713. p. 205. &c.*

Avec une quantité de feuilles d'or qui n'excéde jamais le poids de six onces, & qu'on diminue quelquefois presque jusqu'à une, on couvre un cylindre d'argent, d'environ 22. pouces de longueur, 15. lignes de diamétre, & du poids de 45. marcs. On fait passer ce rouleau doré successive-

ment par les trous d'une lame d'acier, qui vont en décroiſſant, de façon que s'allongeant aux dépens de ſon diamétre, il devient enfin auſſi délié qu'un cheveu, & d'une longueur qui égale preſque 97. lieues de 2000. toiſes chacune.

Pendant cette opération l'or s'étend ſur le fil d'argent à proportion de ſon allongement; enſorte qu'on doit le conſidérer comme une enveloppe ou un fourreau dont les parties ne ſouffrent point d'interruption ſenſible. Ce fil doré que l'on nomme trait, paſſe enſuite entre deux rouleaux d'acier poli, qui l'écraſent en forme de lame fort mince, dont on envelope un fil de ſoye pour les uſages des différens Arts qui l'employent; & dans l'opération des rouleaux, le trait s'allonge encore d'un 7e. Ainſi au lieu de 97. lieues que nous avons compté pour ſa longueur, on en peut compter 111.

En ſuppoſant donc du fil le plus légérement doré, voilà une once d'or que l'on doit conſidérer ſous la forme de deux petites lames, dont chacune égale la longueur de 111.

lieues, ou qui égalent enſemble 222. lieues. Mais ſi l'on fait attention que le trait en s'écraſant ſous les rouleaux, prend la largeur d'environ un 8e. de ligne, & par conſéquent les deux petites lames d'or qui revêtent l'argent de part & d'autre ; on pourra partager encore leur largeur en deux parties ; (car une ligne ſe diviſe fort bien en 16. portions ſenſibles ;) ainſi au lieu de deux lames il en faudra compter quatre, qui égaleront en longueur 444. lieues. Dans une telle étendue, combien de toiſes, de pieds, de pouces, de lignes ? & ſi l'on diviſe ſeulement chaque ligne en 10. quelle ſuite de chiffres ne faudroit-il pas pour exprimer la ſomme des parties viſibles dans une once d'or étendu par la filiére ? L'imagination ſe refuſe preſque à de pareils nombres ; mais pour s'en faire une idée, il ſuffira de comparer la ſurface de notre once d'or filé à celle d'une égale quantité du même métal en feuilles. La premiére eſt à la ſeconde dans le rapport de 2380. à 146. mais auſſi l'épaiſſeur des feuilles quelque petite qu'elle ſoit, eſt toujours beaucoup

plus

plus considérable que celle de la couche d'or qui se trouve sur le fil : l'une diminue à peine jusqu'à la trente milliéme partie d'une ligne ; l'autre se porte souvent à un dégré de ténuité qui excéde la cinq cens vingt-cinq milliéme partie d'une ligne.

L'art en filant ainsi les métaux, imite d'assez près la nature, quant au procédé. La soie avant que d'être filée pour nos usages, l'a déja été par les insectes qui nous la fournissent. La chenille qu'on nomme communément *ver à soie*, porte une filiére naturelle, par laquelle elle moule ce fil précieux dont elle fait sa coque. Des personnes * curieuses & attentives aux merveilles de la nature, considérant l'extrême finesse de cette matiére, en mesurerent 300 aunes qui n'excéderent point le poids de 2 grains $\frac{1}{2}$; & M. de Reaumur portant plus loin encore ses Observations, a trouvé que les fils des araignées, tels qu'elles les produisent immédiatement, & avant qu'elles les joignent pour en former leur toile, que ces fils, dis-je, sont à l'égard d'un cheveu, moins gros que ne l'est le fil

* *Boyle de mirâ subtilitate effluv. cap. 2.*

trait doré à l'égard du premier cylindre dont il a été tiré ; & que leur diamétre égale à peine l'épaiſſeur de cette légére couche d'or qui couvre le fil d'argent.

LES expériences & les obſervations que nous venons de rapporter prouvent ſuffiſamment que tous les corps qui tombent ſous nos ſens, ne ſont autre choſe que des aſſemblages formés par le concours de pluſieurs maſſes plus petites, dont chacune peut ſe diviſer encore en particules ſuſceptibles elles-mêmes de diviſion & de ſubdiviſion.

Lorſqu'en diviſant une matiére autant qu'il nous eſt poſſible, nous n'appercevons rien que d'uniforme dans toutes les molécules qui la compoſent, nous lui donnons le nom de *ſimple* ; nous ſuppoſons que ſes parties ſont toutes d'une même nature, & nous les appellons *homogénes*, ſans prétendre qu'elles le ſoient abſolument, & juſqu'à ce que quelque découverte nouvelle en faſſe un jour juger autrement.

Nous nommons au contraire *corps mixtes*, ceux dont les parties miſes à

part ne ſe reſſemblent point, comme les plantes, les animaux, & quantité de minéraux, où l'analyſe fait voir que pluſieurs matiéres eſſentiellement differentes (que l'on nomme *hétérogenes*) concourent à la compoſition d'un même tout.

Les molécules inſenſibles qui forment une maſſe continue, ſont ſouvent jointes enſemble de maniére qu'il faut employer une force conſidérable pour les ſéparer : cette portion de matiére ſe nomme un corps *dur* ou *ſolide*. Cette dureté, qui n'eſt à proprement parler qu'une ténacité plus ou moins grande des parties, & qui n'eſt jamais parfaite dans les corps que nous connoiſſons, puiſqu'elle céde toujours à une force finie ; cette dureté, dis-je, décroît juſqu'à la *fluidité*, c'eſt-à-dire, juſqu'à ce que l'adhérence naturelle des parties ſuffiſe à peine pour empêcher qu'elles n'obéiſſent librement à leur propre poids, quand il les ſollicite à ſe mouvoir les unes ſur les autres, & à changer la figure de leur tout. Enfin la fluidité qui commence où les corps ceſſent d'être regardés

comme ſolides, augmente juſqu'à la *liquidité* qui a elle-même des dégrés: on appelle corps liquides ou liqueurs, ceux qui ſont en cet état, où leurs parties ayant un mouvement libre les unes ſur les autres, obéiſſent avec une indépendance mutuelle aux efforts de leur péſanteur, ou à la moindre force qu'on emploie pour les ſéparer; & leurs caractéres les plus diſtinctifs ſont de n'avoir d'autre figure, que celle qu'on leur fait prendre dans les vaiſſeaux qui les contiennent, & de ranger leur plus haute ſurface dans un plan parallele à l'horiſon. L'eau qui coule, par exemple, eſt une liqueur; la fumée qui s'éléve dans l'air, & qui change continuellement de forme, eſt un fluide; & la pierre que l'on taille à coups de marteaux, eſt un corps ſolide.

Nous nous contentons maintenant de définir ces differens états des corps naturels, parce que nous aurons occaſion d'en parler plus amplement ailleurs en examinant leurs cauſes.

II. SECTION.

De la figure des Corps.

TOus les Corps ont une grandeur déterminée, non ſeulement ceux dont les dimenſions frappent nos ſens, mais auſſi les parties de ces mêmes Corps, à tel degré de ténuité qu'on les porte par la diviſion, & ſous tel ordre qu'on les conſidére. La petiteſſe n'eſt point une qualité abſolue ; rien n'eſt petit que par comparaiſon à quelque choſe de plus grand ; & quand on ſuppoſeroit le moindre de tous les Etres matériels, il ſurpaſſera toujours en grandeur chacune de ſes deux moitiés.

La grandeur, ou (ce qui eſt la même choſe) l'étendue plus ou moins grande d'un Corps, eſt toujours limitée par des ſurfaces qui renferment la quantité de matiére qui lui eſt propre : cette quantité de matiére ſe nomme ſa *Maſſe*, & le plus ou le moins de ſurface non interrompue qui limite ſa grandeur apparente, s'appelle ſon *Volume*.

L'ordre ou l'arrangement que prennent entre-elles les ſurfaces qui terminent le volume des Corps, eſt ce qu'on nomme leur *Figure*. Comme ces ſurfaces ne peuvent ſe confondre, & qu'elles ſe diſtinguent toujours par des ſituations relatives, il eſt évident que d'être figuré, eſt une propriété auſſi commune à tous les Corps, que celle d'être ſolidement étendus, ou d'avoir pluſieurs parties réellement diſtinguées.

Mais ces ſurfaces peuvent varier à l'infini par leur grandeur, leur nombre, leur arrangement reſpectif; c'eſt pourquoi toutes les ſubſtances matérielles à qui il convient eſſentiellement d'avoir une figure en général, reçoivent celle-ci ou celle-là en particulier, & elles ſont auſſi variables & peut-être auſſi variées entre elles, qu'il eſt poſſible de combiner enſemble la grandeur, le nombre & l'ordre des ſuperficies.

Cette propriété qu'on pourroit nommer *Figurabilité*, s'étend à tous les Corps d'une maniére ſi générale qu'elle les accompagne dans toutes ſortes d'états; elle convient à ceux qui ſe

meuvent comme à ceux qui ſont en repos ; elle convient non ſeulement aux ſolides, mais les fluides & les liqueurs ont auſſi leur figure qui dépend des obſtacles qu'on oppoſe à leur épanchement ; la mer, les étangs, les riviéres ſont figurés par leurs côtes & par leurs rivages ; le vin, par ſon tonneau ; la flamme & la fumée, par l'air qui les environne, &c.

Quand au premier coup d'œil deux Corps paroiſſent terminés de même, on dit alors qu'ils ſe reſſemblent en figure : ainſi nous appellons cubes les dez d'un trictract, parce qu'au premier aſpect chacun d'eux ſe préſente ſous ſix faces égales ; & nous appellons ſemblables deux ſoldats vêtus du même uniforme. Mais cette premiére reſſemblance a des bornes fort étroites ; elle ne s'étend qu'à certains caractéres généraux qui ſoutiennent à peine la premiére vûe ; un examen plus détaillé découvre bientôt une infinité de différences, juſques dans les individus de la derniére eſpéce ; de ſorte qu'on pourroit dire avec juſte raiſon, que dans toute la nature il eſt probable qu'il n'y a pas deux Etres

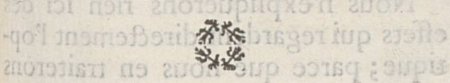
parfaitement ſemblables, ſur-tout ſi l'on joint à la variété de figure celle de la couleur & du volume. Lorſque nous jettons les yeux ſur un troupeau de moutons, ils nous paroiſſent tous ſe reſſembler, parce que nous nous arrêtons aux premiéres apparences; mais le berger à qui l'habitude a fait appercevoir des variétés, les diſtingue bien les uns des autres. Dans une foule de peuple nous ne trouvons pas deux viſages ſemblables, & nous y diſtinguons entre dix mille les traits d'une perſonne que nous cherchons, par l'uſage où nous ſommes de voir des hommes, & d'apprendre à ne les point confondre.

Cette prodigieuſe variété de figures multipliées ſans fin pour ceux qui obſervent plus attentivement, ne convient-elle qu'aux grands Corps, c'eſt-à-dire, à ceux que nous pouvons voir & toucher ſans aucun ſecours de l'art ? ou bien convient-elle également aux molécules de ces mêmes Corps ? s'étend-elle juſques à ceux qui échappent à nos yeux, que nous connoiſſons par d'autres ſens, qui ne ſe font ſentir que pluſieurs enſemble,

& que le préjugé ſemble annoncer ſans aucune figure, parce qu'ordinairement on n'eſt point inſtruit de celle qu'ils ont ?

Cette queſtion ſe trouve déja décidée par la définition même que nous avons donnée de la figure en général. Car ſi ce n'eſt autre choſe qu'un aſſemblage de ſurfaces qui terminent une certaine portion de matiére, il eſt évident qu'un Corps ſi petit qu'il puiſſe être, ſera toujours terminé par des ſurfaces, & par conſéquent figuré.

Quoique l'expérience ne puiſſe pas ſe prêter à toute l'étendue de ce raiſonnement, & nous faire voir des figures par-tout où nous avons raiſon de croire qu'il y en a; cependant elle nous en montrera qui ont été longtems ignorées, que l'art a ſçu découvrir depuis, & nous apprendrons par des exemples curieux, que nous ne devons pas chercher à concevoir ſans figure les Corps en qui nos ſens n'en découvrent point.



PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

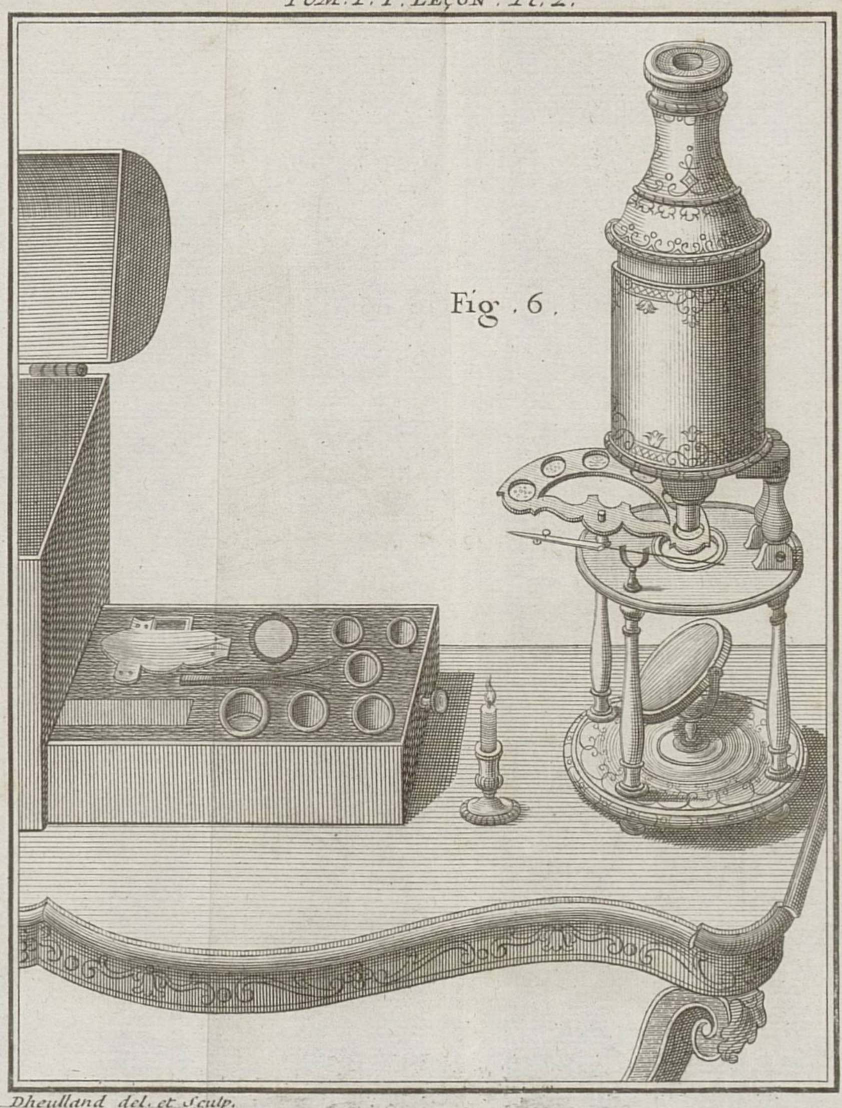
Ayant placé le microſcope repréſenté par la *Figure* 6. au jour d'une fenêtre, ou ſi c'eſt la nuit, devant la lumiére d'une bougie baſſe, de maniére que le miroir qui eſt deſſous la platine, éclaire par réfléxion le trou ſur lequel tombe la lentille objective: on fait paſſer le premier verre du porte-objets ſur lequel on a mis des grains de ſable, & l'on fait deſcendre le corps du microſcope juſqu'à ce qu'on rencontre le point de vûe néceſſaire.

EFFETS.

Ayant placé l'œil au-deſſus & fort près de la premiére lentille oculaire, on apperçoit les grains de ſable tranſparens, comme des criſtaux de la groſſeur d'une muſcade, anguleux & diverſement taillés. *Figure* 7.

EXPLICATIONS.

Nous n'expliquerons rien ici des effets qui regardent directement l'optique; parce que nous en traiterons



Dheulland del. et Sculp.

ailleurs. Nous nous bornerons ſeulement à ceux qui ont rapport à la figure des Corps, dont il eſt préſentement queſtion.

Lorſque nous arrêtons la vûe ſur un grain de ſable ordinaire, il paroît comme un point, l'œil confond ſes dimenſions ; mais avec le ſecours du microſcope, l'objet paroît plus grand: on diſtingue aiſément des lignes, des angles, des ſinuoſités, des contours, des ſurfaces, en un mot une figure bien terminée, dont on apperçoit facilement les différences, quand on la compare à quelque autre.

APPLICATIONS.

Les grains de ſable doivent être conſidérés comme autant de petits criſtaux fort durs, préparés par la nature, & que l'art applique utilement à différens uſages. Parce qu'ils ſont petits & anguleux, on s'en ſert commodément pour uſer ou nettoyer les métaux, ou tous autres Corps encore plus durs ſur leſquels la lime, ou le tranchant de l'acier ne trouve plus de priſe : on les mouille en pareil cas pour aider leur mobilité & pour em-

pêcher, qu'en s'uſant mutuellement, ils ne perdent, avec leurs petits angles tranchants, la propriété qu'ils ont d'entamer les matiéres les plus ſolides.

La tranſparence du ſable blanc le rend propre à d'autres uſages ; il eſt la baſe de tous les ouvrages de verre ; le mêlange de quelques ſels, & l'action d'un feu très-violent qui le diviſe, & qui en ſépare les ſaletés, met ſes parties en état de ſe lier, & de former une pâte ſuſceptible de toutes ſortes de formes, & qui en ſe refroidiſſant prend de la conſiſtance ſans ceſſer d'être diaphane.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Que l'on faſſe paſſer ſous la lentille le ſecond verre du porte-objets ſur lequel on a mis quelques goutes d'eau ſalée que l'on a laiſſé ſécher.

EFFETS.

En approchant l'œil du microſcope, on apperçoit des molécules qui paroiſſent ſous des figures ſem-

blables, quand la préparation a été faite avec un même ſel : ſi l'on a employé, par exemple, celui qui vient de la mer, & qu'on fait ſervir communément à l'uſage des tables ; ce qu'on apperçoit avec le microſcope reſſemble à des petits Cubes. *Figure* 8.

EXPLICATIONS.

Les parties de ce ſel que l'eau avoit diviſées, & qu'elle tenoit en diſſolution, ſe ſont fixées ſur le verre du porte-objets, pendant que la partie liquide s'eſt évaporée. Avant cette évaporation de l'eau, le ſecours du microſcope ne ſuffit pas pour les rendre viſibles, parce qu'alors elles ſont encore trop diviſées & trop minces pour être apperçues ; mais à meſure que la liqueur les abandonne, elles ſe rapprochent, & elles forment des molécules d'un plus grand volume : & quand bien même elles reſteroient auſſi petites qu'elles étoient dans l'eau, nous ferons voir ailleurs qu'à grandeurs égales, des Corps tranſparents ſe voyent mieux lorſqu'ils ſont plongés dans l'air, que dans tout autre liquide plus matériel.

Chaque ſel qui ſe criſtalliſe affecte ordinairement une figure qui lui eſt propre, & qui dépend vraiſemblablement de la figure même de ſes moindres parties. Le ſel marin, par exemple, forme des cubes, le ſalpêtre des aiguilles, le ſucre des globules, &c. *Figures 9. & 10.*

APPLICATIONS.

L'uniformité de figures dans les molécules, n'eſt point une qualité particuliére aux ſels; on en rencontre beaucoup d'autres exemples, ſurtout dans le genre minéral : le criſtal de roche, & la plûpart des pierres tranſparentes paroiſſent aſſez ſouvent en petit comme en grand, ſous la forme de priſme ou de pyramide exagone; mais on n'en doit pas conclure du particulier au général, que les parties inſenſibles de tous les Corps ſont autant de petits modéles de ce qu'ils ſont en plus grand volume.

Le ſel, à cauſe de ſon extrême diviſibilité, & de la figure anguleuſe & pointue de ſes parties, s'inſinue fort aiſément dans les pores de toutes les

matiéres animales, végétales, ſolides ou liquides : & par cette raiſon on l'employe avec ſuccès pour les conſerver. Car la corruption n'étant rien autre choſe qu'un déplacement de parties, qui change l'état des molécules dans les Corps mixtes ; tout ce qui pourra contenir ces parties dans l'ordre qu'elles ont reçu de la nature, empêchera néceſſairement, que les petits composés qui réſultent de leur aſſemblage, ne ſoient altérés ; & au contraire tout ce qui donnera lieu au mouvement des moindres parties, occaſionnera corruption. Or les particules ſalines, comme autant de petits coins, rempliſſent les petits vuides, ſoutiennent & appuyent les particules ſolides, arrêtent le progrès de l'évaporation, & conſervent au moins pour quelque tems l'état naturel. C'eſt ainſi que la chair des animaux, lorſqu'elle eſt ſalée, demeure plus longtems propre à nos uſages ; & que les fruits confits dans le ſucre ſe gardent pendant pluſieurs années.

Cette prodigieuſe variété de figures que l'on obſerve dans tous les Corps inanimés, & dans les petites

maſſes qui les compoſent, n'eſt ni moins grande, ni moins admirable dans le genre animal : le même inſtrument qui vient de nous faire voir les angles & les pointes des parties ſalines, nous découvre auſſi un monde de petits Etres vivans, de petits inſectes, que nous n'euſſions peut-être jamais ſoupçonné d'exiſter, dont nous n'euſſions certainement pas deviné les formes, & qu'on doit être curieux de connoître; c'eſt pourquoi j'ajouterai encore l'expérience ſuivante, pour achever de faire voir combien la nature a varié la figure des Corps en tout genre.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On fait paſſer ſous la lentille objective du microſcope le troiſiéme verre du porte-objets, ſur lequel on a mis avec la pointe d'un curedent, une petite goute d'une des liqueurs dont on va donner la préparation.

1°. Dans un vaiſſeau dont l'ouverture ſoit un peu large, il faut mettre macérer dans l'eau un peu de foin ha-

ché, de la paille, des fleurs de différentes eſpéces & des parties de plantes quelconques, & l'expoſer environ une ſemaine à l'air libre, mais à l'ombre pendant un tems chaud ; ou bien ſi l'on en a la commodité, on pourra ſans attendre, puiſer un peu d'eau dans quelque marre aux endroits où il y a de la mouſſe verte, ou quelques autres plantes aquatiques.

2°. Dans une fiole de verre qu'il faut tenir ouverte, il faut expoſer de même du vinaigre commun.

3°. Dans un verre à boire, ou dans quelque vaſe équivalent, il faut garder pendant quatre ou cinq jours de l'eau qui ſe trouve dans l'écaille des huitres, lorſqu'on les ouvre.

Effets.

On apperçoit dans la premiére liqueur, une infinité de petits animaux qui paroiſſent de différentes eſpéces, ſoit par leurs figures, ſoit par leur façon de ſe mouvoir qui ſont extrêmement variées. Les uns ſemblables à des petites boules *a*, s'élancent en ligne droite, & forment toujours des angles bien marqués, quand ils changent de *Fig. 11.*

directions ; les autres *b*, plus allongés, & d'une forme ovale, ne font que tournoyer ; plusieurs laissent appercevoir distinctement des pates, une queue souvent fourchue, & des antennes ; d'autres *c*, composés d'anneaux, se meuvent à la maniére des vers de terre, ou comme les Sangsuës. On apperçoit à quelques-uns les principaux organes, & la circulation des humeurs ; & pour peu qu'on observe avec attention, on découvre bien-tôt jusques à la cause finale de leurs mouvemens ; car on en voit qui dévorent les autres, & l'on conçoit sans peine que les uns se meuvent pour joindre leur proie, & les autres pour éviter d'être pris.

Fig. 12. Dans le vinaigre qui a été exposé plusieurs jours à l'air par un tems doux, on voit des insectes qui par leur figure ressemblent beaucoup à des petites anguilles très-vives : il arrive très-rarement qu'on les trouve mêlés avec des animaux qu'on puisse juger d'une autre espéce.

Fig. 13. L'eau des huitres, contient un nombre infini de petits animaux qui se ressemblent par la figure, & par

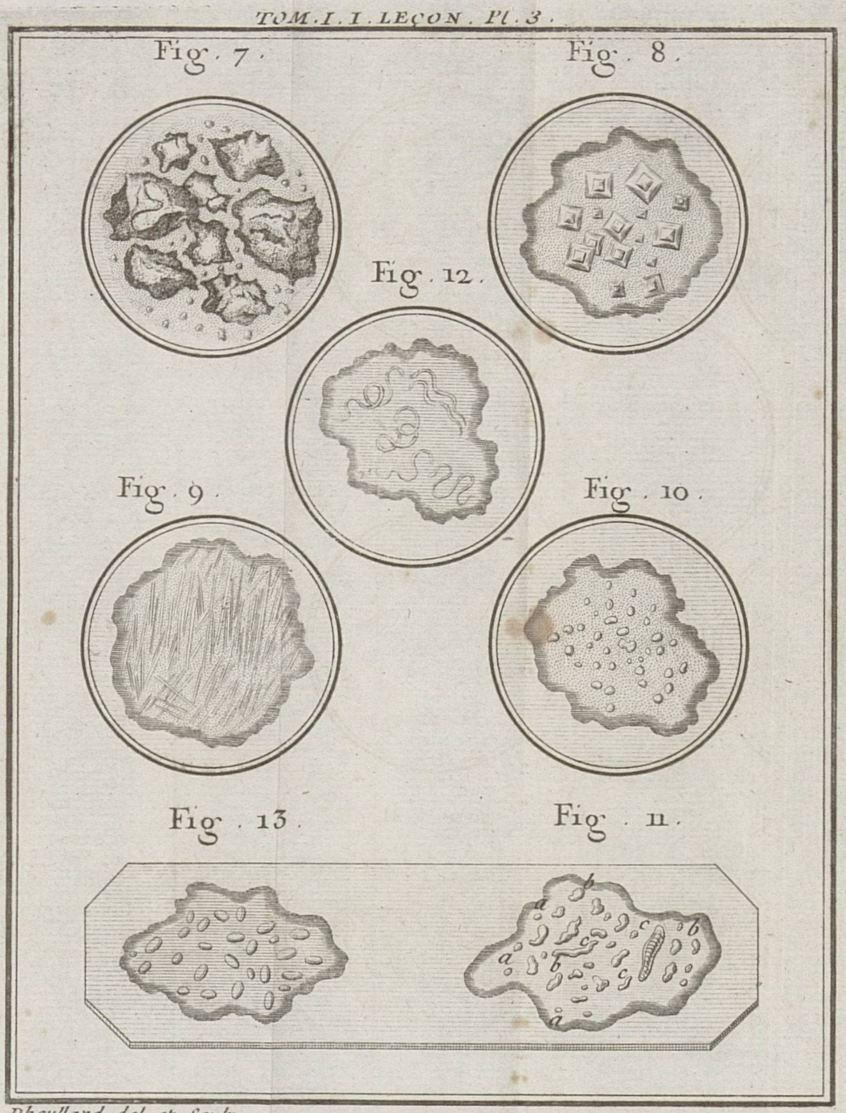
la maniére de ſe mouvoir : la petite goute dans laquelle ils nagent paroît ſemblable à un baſſin, dans lequel on verroit fourmiller une quantité prodigieuſe de carpes ſans nageoires & ſans queue ; la tranſparence de leur corps eſt telle, qu'on apperçoit aiſément les parties intérieures.

EXPLICATIONS.

La nature a varié la figure des plus petits animaux, autant & peut-être plus encore que celle des grands : mais dans ceux-là comme dans ceux-ci, elle eſt uniforme & conſtante pour chaque eſpéce. Ainſi le vinaigre préparé comme nous l'avons dit, fait voir des anguilles qui ne différent que par la grandeur ; & l'eau d'huitres ne contient pour l'ordinaire que ces animaux dont nous avons parlé.

La premiére liqueur cependant en contient pluſieurs qui ne ſe reſſemblent ni par la figure, ni par la maniére de ſe mouvoir ; ce n'eſt point une raiſon pour conclure, que la figure de ces petits êtres animés, eſt

un effet du hazard ; & qu'une ſeule & même eſpéce affecte indifféremment celle-ci ou celle-là. Cette liqueur dont il s'agit, eſt une infuſion de pluſieurs ſortes de plantes, où differens animaux rencontrent leur nourriture ; & l'eau commune qui en eſt la baſe, eſt un milieu qui peut convenir en même-tems à ceux qui ſe nourriſſent d'herbes, & à ceux qui ſont voraces. Le brochet vit dans la même eau que la carpe, quoiqu'ils ſe nourriſſent l'un & l'autre bien différemment ; & l'hiſtoire des inſectes nous fournit nombre d'exemples qui ont un rapport bien plus direct & plus prochain avec cette ſuppoſition. Il n'en eſt pas tout-à-fait de même du vinaigre ou de l'eau d'huitres : il eſt probable que ces deux liqueurs ne conviennent qu'à très-peu d'eſpéces de ces petits animaux ; & le milieu qu'ils habitent, les met vraiſemblablement à l'abri de la pourſuite des autres. J'ai eſſayé pluſieurs fois de mettre enſemble des inſectes d'eau douce avec ceux du vinaigre, ou avec ceux de l'eau des huitres ; les premiers ont toujours péri dans le premier inſtant.



Dheulland del. et Sculp.

APPLICATIONS.

Les inſectes ont été regardés fort long-tems comme les enfans de la corruption, & de la pourriture des autres corps. L'erreur des anciens touchant leur origine a été telle, qu'ils ont cru pouvoir les faire naître artificiellement, en obſervant certains procédés dont ils ont même oſé donner des recettes. Ce que le préjugé populaire avoit établi, des Philoſophes ont tâché de le confirmer, & d'en rendre raiſon ; & les ſyſtêmes que cette opinion a fait naître, ont trouvé des défenſeurs juſques dans ces derniers tems. Mais l'hypothéſe la plus ingénieuſe peut-elle tenir contre des faits qu'il n'eſt plus permis d'ignorer ? Les Naturaliſtes modernes mieux inſtruits qu'on ne l'étoit autrefois de l'hiſtoire des inſectes, leur ont donné une origine plus noble & plus vraie ; ils ont reconnu & conſtaté par des obſervations qui ne laiſſent plus rien d'obſcur, que la génération de ces petits animaux eſt auſſi-bien réglée, & d'une uniformité auſſi conſtante

pour chaque eſpéce, que celle des lions & des chevaux, &c. Ils ont répondu par des expériences déciſives, à des apparences trompeuſes & trop peu approfondies, ſur leſquelles on appuyoit l'ancienne opinion. Telle matiére corrompue, diſoit-on, fait voir des vers & des mouches; peut-on douter que ces animaux ne doivent leur exiſtence à cette corruption? Comme ſi l'on pouvoit conclure qu'un cadavre de cheval engendre des corbeaux, parce qu'il arrive ſouvent qu'on y trouve de ces oiſeaux voraces aſſemblés; ou qu'un pré fait naître des moutons, parce qu'on y en rencontre des troupeaux qui paiſſent; on pardonneroit de le ſoupçonner à quiconque ne ſçauroit pas que les oiſeaux font des nids pour perpétuer leur eſpéce, & qu'un agneau vient d'une brebis. Si l'on peut en quelque façon excuſer ceux qui les premiers ont été trompés par les apparences, parce qu'alors on n'étoit nullement inſtruit de la vraie maniére dont naiſſent ces petits animaux ſi differens des autres par leurs tailles & par leurs figures; pré-

ſentement que l'on ſçait comment s'engendrent ceux qui ſont aſſez viſibles pour être obſervés, il n'eſt plus permis de penſer que la nature ſi conforme à elle-même, prenne d'autres voies pour multiplier ceux qu'une extrême petiteſſe permet à peine d'appercevoir avec le microſcope, ni qu'elle abandonne au hazard le ſoin de les faire naître.

Il faut donc bien ſe garder de croire que les petites anguilles qu'on apperçoit dans le vinaigre, ainſi que les petits animaux qu'on obſerve dans les infuſions des plantes, ſoient des parties putréfiées de ces végétaux, qui ſe convertiſſent en corps animés. L'expérience apprend, que ſi l'on tient les vaiſſeaux fermés, il ne s'y engendre rien; mais on doit penſer que quand ils ſont ouverts, les meres que l'air tranſporte de côtés & d'autres, y vont dépoſer leurs œufs ou leurs vermiſſeaux, comme dans un lieu qui doit faciliter leur développement, fournir à leur nourriture, & les faire croître. Cette conjecture (ſi c'en eſt une) eſt ſolidement appuyée ſur des exemples : combien

d'eſpéces de mouches voyons-nous aller placer leurs œufs dans des eaux croupies, où le vermiſſeau venant à éclore, ſe nourrit & prend ſon accroiſſement juſqu'à ce que le tems de ſa métamorphoſe étant arrivé, il s'éleve dans l'air avec une nouvelle forme & des ailes, qui le rendent ſemblable à ſa mere ?

Quelque intéreſſante que ſoit cette matiére, je ne dois pas m'y arrêter davantage : le Lecteur curieux d'en être plus amplement inſtruit, doit conſulter l'Hiſtoire des Inſectes, par M. de Reaumur; c'eſt là qu'il fera connoiſſance avec ce peuple nouveau; c'eſt le bien voir, que de le voir par les yeux d'un tel Obſervateur. Il me ſuffira de remarquer ici, que ſi l'on eſt ſenſible à cette prodigieuſe variété de figures, par leſquelles la nature a differencié les plus petits corps; il n'eſt point de genre qui fourniſſe plus à notre curioſité, que celui des inſectes, où l'on doit admirer également & les différences qui caractériſent les eſpéces, & l'uniformité qui regne dans chacune.

III. SECTION.

De la ſolidité des corps.

LA *ſolidité* d'un corps n'eſt autre choſe que la quantité de matiére qui eſt liée enſemble ſous ſon volume : je dis, qui eſt liée enſemble ; car s'il arrivoit qu'une matiére étrangére paſſât librement à travers d'un corps, & qu'elle y exerçât ſes mouvemens avec indépendance, comme l'eau de la riviére qui baigne intérieurement un monceau de pierres qu'elle rencontre dans ſon lit ; cette matiére ne contribueroit en rien à la ſolidité dont il eſt ici queſtion. Elle l'augmenteroit au contraire, ſi elle ſe trouvoit fixée ſous le même volume, comme ſi l'eau courante que nous venons de citer pour exemple, devenoit de la glace au moment qu'elle ſe trouve entre les pierres amoncellées. Un panier percé de toutes parts, & plongé dans un fluide, n'a que ſa propre ſolidité; ſi c'eſt un morceau de bois, il eſt plus ſolide de toute la quantité d'eau

dont il eſt pénétré, & qu'il s'unit à ſa maſſe.

Etre ſolide eſt une propriété, non ſeulement commune, mais même eſſentielle à tous les corps ; ſoit qu'on les conſidére en tout, ſoit qu'on n'ait égard qu'à leurs parties les plus ſimples. C'eſt auſſi le ſigne le moins équivoque de leur exiſtence. Des illuſions d'optique en impoſent quelquefois à nos yeux ; nous ſommes tentés de prendre des phantômes pour des réalités : mais en touchant, nous nous aſſurons du vrai, par la perſuaſion intime où nous ſommes, que tout ce qui eſt corps eſt ſolide, capable par conſéquent de réſiſtance, & qu'on ne peut placer le doigt ou autre choſe dans un lieu qui eſt occupé par une matiére quelconque, ſans employer une force capable de la pouſſer ailleurs.

Toute réſiſtance annonce donc une ſolidité réelle plus ou moins grande ; c'eſt une vérité tellement avouée, que je ne crois pas qu'elle ait beſoin d'autre preuve que l'habitude où l'on eſt de confondre les deux idées, quoiqu'à parler exacte-

ment, l'une représente la cause, & l'autre l'effet. Mais il y a tel cas où l'une & l'autre (la solidité & la résistance) échappent à nos sens, ou à notre attention. Certains corps nous touchent sans cesse, nous touchent par-tout également; l'habitude nous a rendu leur contact si familier que nous avons besoin d'y réfléchir, pour reconnoître l'impression actuelle qu'ils font sur nous. Quand on agit dans un air calme, il est peu de personnes qui pensent qu'elles ont continuellement à vaincre la résistance d'un corps dont la solidité s'oppose à leurs mouvemens. Si l'on sortoit de l'athmosphére pour y rentrer, on sentiroit sans réflexion l'attouchement de l'air, comme on sent celui de l'eau quand on s'y plonge.

Ce qui fait encore que la solidité des fluides échappe à notre attention; c'est que leurs parties indépendantes les unes des autres, & d'une petitesse qui surpasse beaucoup la délicatesse de nos sens, cédent au moindre de nos efforts, sur-tout quand elles sont en petite quantité: & nous ne pensons pas que nous

agiſſons, quand nous agiſſons très-peu.

Puiſque les fluides ſont les ſeuls corps dont la ſolidité ait en quelque façon beſoin d'être prouvée, & que la grande facilité qu'ils ont à céder, pourroit faire croire à ceux qui n'y feroient point aſſez d'attention, que ces ſortes de corps ſont incapables de réſiſtance ; nous les employerons par préférence dans les expériences que nous appellerons en preuves, & nous choiſirons l'air comme le moins ſolide de tous ceux qu'on peut retenir dans un vaiſſeau fermé, afin que ſa ſolidité bien établie ſur des faits, faſſe conclure à plus forte raiſon, la même choſe pour tous les autres corps.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Dans un vaſe de criſtal repréſenté par la *Fig.* 14. on verſe cinq ou ſix pintes d'eau bien claire ; & l'on met flotter ſur la ſurface de l'eau un petit morceau de liége *A* ; on deſcend enſuite perpendiculairement le vaſe *B*, afin que l'air qu'il contient ne puiſſe pas s'échaper.

EFFETS.

La partie de la ſurface de l'eau qui répond à l'ouverture du vaiſſeau *B*, s'abaiſſe à meſure qu'on le fait deſcendre ; le petit morceau de liége qui flotte deſſus, rend cet abaiſſement ſenſible, & fait voir qu'il n'entre point d'eau dans le vaiſſeau *B*.

EXPLICATIONS.

Le vaiſſeau *B*, contient une colonne d'air qui remplit ſa capacité ; cette maſſe fluide, quoique peu matérielle, eſt pourtant compoſée de parties réellement ſolides, qui ne peuvent être déplacées par un autre corps, à moins qu'on ne leur ouvre une nouvelle place qu'elles puiſſent aller occuper. Comme le vaiſſeau *B* eſt fermé de toutes parts, & que l'eau qui ſe préſente à ſon ouverture eſt plus peſante que l'air ; ce dernier fluide ne peut ſortir du lieu où il eſt, & comme il eſt ſolide en ſes parties, il ſe comporte à l'égard de l'eau qu'il rencontre, comme tout autre corps dont les parties ſeroient liées. Ainſi la ſurface de l'eau baiſſe autant qu'on

fait descendre le vase qui contient l'air ; ce qui devient évident par le petit morceau de liége qui flotte dessus.

Quoique l'air du vaisseau *B*, s'oppose à l'eau qui fait effort pour y entrer ; sa résistance n'est point telle qu'elle l'en exclue entiérement. Nous verrons ailleurs qu'une masse d'air, est un corps flexible, & qu'elle peut se resserrer dans un plus petit volume quand on l'y force : nous ferons voir aussi qu'un corps plongé dans un fluide, y est d'autant plus pressé, qu'il y descend plus avant. Ces deux principes une fois supposés, expliquent fort-bien pourquoi l'eau s'éléve un peu dans le vaisseau *B*, nonobstant la résistance de l'air ; ce qui arriveroit aussi en substituant à l'air toute autre matiére flexible, & incapable de se mêler avec l'eau ; comme nous le prouverons en parlant de la compressibilité des corps. Mais quelque chose qui arrive, & à quelque profondeur que l'on porte le vaisseau *B*, jamais l'eau ne réduira le volume d'air à zéro pour occuper toute la place. Quand une fois l'effort qui se

fait à la baſe, aura rapproché les parties autant qu'elles peuvent l'être, il n'eſt point de force qui ſe reſſerre dans un plus petit eſpace ; ce qui ſuffit pour prouver que le fluide a comme tous les autres corps, une ſolidité abſolue.

APPLICATIONS.

Par l'expérience précédente, pour peu qu'on y penſe, on apprend pourquoi l'on ne remplit point un pot ou tout autre vaſe ſemblable, quand on le plonge l'orifice en bas ; par quelle raiſon l'entonnoir dont le canal remplit trop exactement le col d'une bouteille, n'eſt point propre à y introduire une liqueur ; & ce qui oblige d'avoir recours à certaines voies extraordinaires, pour remplir des vaiſſeaux qui ne ſont ouverts que par un très-petit canal, comme la caſſolette de la 3e. *Exp.* 1e. *Sect.* Le préjugé, ou l'habitude que nous avons de vivre dans l'air, nous fait regarder comme vuide tout ce qui n'eſt plein que de ce fluide ; dans cette confiance mal fondée, nous croyons qu'une liqueur n'a qu'à ſe

présenter de quelque façon que ce soit à l'ouverture d'un vase, pour y trouver accès; mais nous devrions faire attention que toutes ces capacités sont naturellement remplies d'air, comme elles seroient pleines d'eau, si elles avoient été fabriquées au fond d'un étang, & qu'elles n'en fussent jamais sorties : nous devrions penser de plus, que l'air ayant de la solidité dans ses parties, on ne doit pas prétendre de loger avec lui un autre corps dans le même lieu ; & qu'ainsi pour mettre de l'eau, du vin, &c. dans une bouteille, il faut que l'air puisse passer entre le col & l'entonnoir pour faire place à la liqueur. Mais quand ce col est tellement étroit, qu'il ne peut pas donner en même-tems un passage libre à deux matiéres qui coulent en sens contraire; c'est-à-dire, à la liqueur qu'on veut faire entrer, & à l'air qui doit sortir; il faut que cela se fasse successivement. C'est pourquoi quand on veut introduire l'esprit de lavande dans la cassolette que nous avons citée, on commence par la chauffer, & quand l'action du feu

a fait ſortir une bonne partie de l'air qu'elle contenoit, on plonge le col dans la liqueur qui va prendre ſa place. Nous ne conſidérons maintenant dans cet effet, que le déplacement d'un fluide qui doit précéder l'introduction d'un autre. Lorſque nous expliquerons les propriétés de l'air, nous ferons connoître comment un vaſe que l'on chauffe, perd une grande partie de l'air qu'il contient.

Nous avons dit pourquoi l'air ne peut point s'échapper du vaiſſeau *B* dans l'expérience précédente ; c'eſt par la même raiſon, qu'il demeure dans la cloche du plongeur, & qu'il fournit à ſa reſpiration pendant quelque-tems. C'eſt par la raiſon contraire, que l'on puiſe commodément une liqueur dans un vaſe qu'on ne veut pas remuer, avec une eſpéce de chalumeau renflé par le bas, comme il eſt repréſenté par la *Fig.* 15. Car comme cet inſtrument eſt ouvert en *C*, l'air s'échappe par cette iſſue à meſure que la liqueur s'introduit par *D*; & l'expérience ſuivante apprendra comment on peut le tranſporter plein en empruntant la réſiſtance de l'air extérieur.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Fig.* 16. repréſente une eſpéce de fontaine, dont le canal *EF* eſt ouvert de part & d'autre ; la partie *E* eſt élevée d'environ 2 lignes au-deſſus du fond du baſſin *GH*, qui eſt percé au centre : on remplit d'eau le reſervoir *IK*, juſques aux ¾ environ.

EFFETS.

Cette fontaine coule à pluſieurs repriſes par les petits canaux 1, 2, 3, 4. tant que l'eau contenue dans le reſervoir peut fournir à cet effet.

EXPLICATIONS.

Lorſque le canal *EF* eſt ouvert, il laiſſe un paſſage libre à l'air qui exerce intérieurement ſa preſſion ſur la ſurface de l'eau en *IK*. Il y a alors deux cauſes qui concourent à l'écoulement ; la preſſion de l'air intérieur, & le poids de l'eau. De ces deux cauſes, la premiére eſt contre-balancée par la réſiſtance de l'air extérieur qui répond au bout de chacun des petits

canaux 1, 2, 3, 4. & qui s'oppose par dehors à la chûte de l'eau avec une force égale à la pression qui la sollicite par dedans ; la seconde cause (le poids de l'eau) subsiste entiérement, & suffit pour la faire couler. Mais si le canal *E F* vient à se boucher, l'air intérieur cessant de presser la surface de l'eau en *I K*, laisse agir librement celui du dehors, dont la résistance l'emporte sur la pésanteur du liquide, & l'écoulement cesse. On se sert assez ingénieusement de l'eau même qui s'écoule, pour causer les intermittences. Comme elle ne peut sortir du bassin *G H* qui la reçoit, que par le trou qui est au centre ; elle s'y trouve d'abord, & pendant quelque-tems, en assez grande quantité pour noyer l'extrémité *E* du canal ; & ce n'est que quand elle est écoulée, qu'il se trouve ouvert de nouveau, & qu'il rend le passage à l'air.

APPLICATIONS.

On trouve en différens lieux des sources intermittentes dont les écoulemens sont périodiques ; ces effets

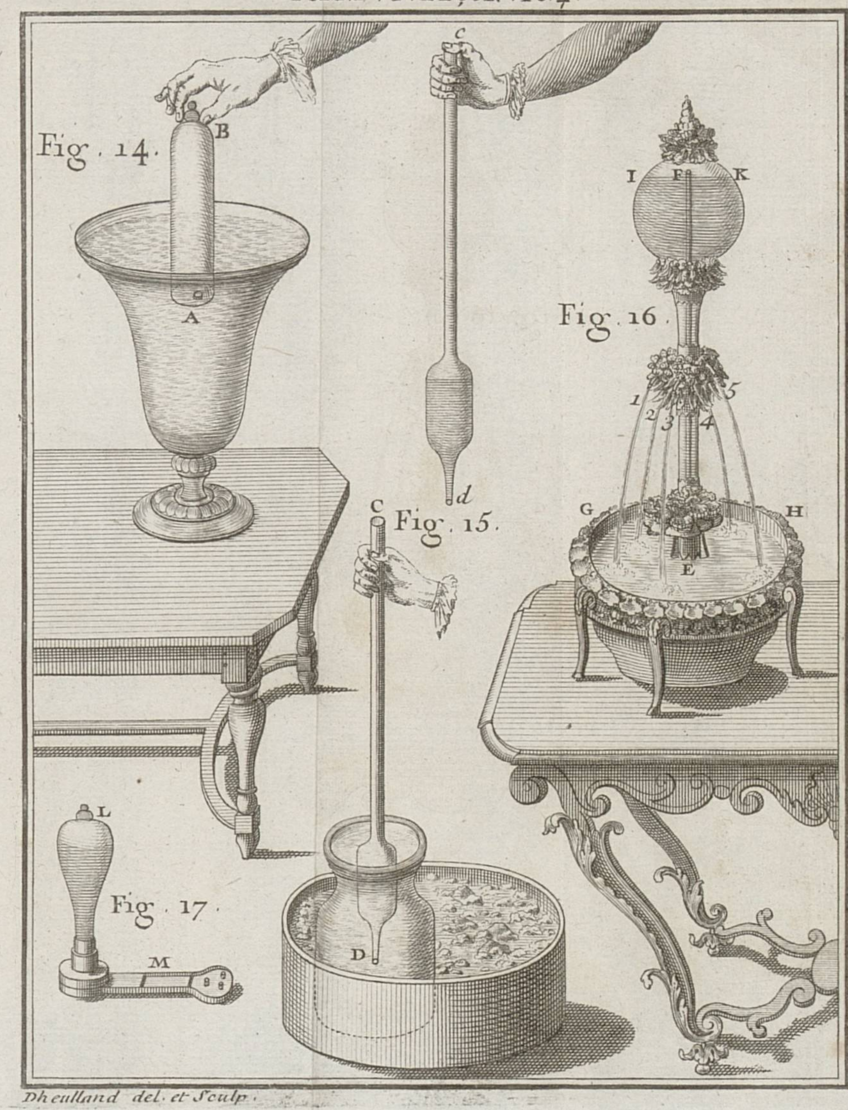
naturels qui ſe rencontrent aſſez ordinairement dans le voiſinage des montagnes, dépendent bien ſouvent de pluſieurs cauſes qui s'entr'aident pour la même fin ; mais comme les différentes explications qu'on en donne, ſont la plûpart fondées ſur certaines propriétés de l'air que nous n'avons point encore fait connoître, nous différons de les rapporter, juſqu'à ce que l'ordre que nous nous ſommes propoſé dans cet ouvrage, nous ait donné lieu de traiter de ce fluide. Nous ſuppoſons ſeulement ici (ce qu'il a de commun avec tous les autres corps) qu'il eſt capable de réſiſter & d'agir ſur d'autres matiéres ; & nous en trouvons des preuves non ſeulement dans les expériences que nous venons de citer, mais encore dans pluſieurs effets que nos propres beſoins nous mettent tous les jours ſous les yeux. La néceſſité de tenir ouverte la partie de l'inſtrument cité ci-
Fig. 15. deſſus * pour permettre à l'eau d'y entrer par l'extrémité *D*, ne laiſſe point ignorer la réſiſtance de l'air qui reſteroit enfermé. Mais quand on veut tranſporter la liqueur qu'on a puiſée,

c'eſt encore par une ſemblable réſiſtance employée en dehors, qu'on en vient à bout. En fermant avec le doigt la partie *c* du canal, on donne lieu à l'air extérieur d'oppoſer toute ſa force en *d* à la chûte du liquide renfermé. Les lampes & les encriers dont les réſervoirs ſont des bouteilles renverſées, comme le repréſente la *Fig.* 17. ne ſont encore que des exemples variés des mêmes effets. Si l'on faiſoit la moindre petite ouverture en la partie ſupérieure *L* du vaſe, la liqueur ſe trouveroit alors entre deux puiſſances égales ; car l'air qui réſiſteroit en *M* ne feroit qu'équilibre à celui qui preſſeroit par *L*, & l'huile ou l'encre obéiroit librement à ſa peſanteur qui ne lui permettroit pas de reſter ſuſpendue au-deſſus de ſon niveau. Mais tant que le réſervoir eſt fermé par le haut, l'air qui s'oppoſe en *M* a des forces ſuffiſantes pour ſoutenir la liqueur. Un tonneau plein, quoiqu'ouvert par un trou de vrille, trompe encore l'attente de celui qui l'a percé, s'il oublie de lui donner de l'air par le haut. C'eſt encore par la même cauſe, qu'une bouteille bien bouchée par le col, au fond de la-

quelle on a fait ſecrétement un trou, inonde & ſurprend beaucoup celui à qui on la donne à déboucher.

La ſolidité des corps ſe nomme auſſi *Impénétrabilité* ; mais ce terme a beſoin d'être expliqué pour prévenir des objections tirées de certaines expériences, par leſquelles il paroît que pluſieurs matiéres mêlées enſemble confondent leurs grandeurs, & ſe pénétrent mutuellement : une éponge, par exemple, reçoit intérieurement une quantité d'eau qui ſemble perdre ſon propre volume ; puiſque celui ſous lequel elle ſe trouve renfermée après cette eſpéce de pénétration, n'en eſt point ſenſiblement augmenté ; un vaiſſeau plein de cendre ou de ſable admet encore une grande quantité de liqueur ; & parties égales d'eſprit de vin & d'eau mêlées dans le même vaſe, y tiennent moins de place qu'elles n'en occupoient avant le mêlange : la matiére eſt-elle donc pénétrable ? ou ſi elle ne l'eſt pas, dans quel ſens faut-il entendre ſon impénétrabilité ?

C'eſt qu'il faut ſoigneuſement diſtinguer la grandeur apparente des corps,


Fig. 14.
B
A
C
d
Fig. 15.
C
D
Fig. 16.
I
F
K
1
2
3
4
5
G
H
E
L
Fig. 17.
M
Dheulland del. et Sculp.

de leur ſolidité réelle. Les parties indiviſibles (s'il y en a) ſont abſolument impénétrables. Celles même d'un ordre inférieur, qui commencent à être compoſées, ne ſont encore vraiſemblablement jamais pénétrées par aucune matiére ; en un mot il y a dans tous les corps tels qu'ils puiſſent être, une certaine quantité de parties qui occupent ſeules les places qu'elles ont, & qui en excluent néceſſairement tout autre corps. Mais ces parties ſolides & impénétrables qui font proprement la vraie matiére de ces corps, ne ſont pas tellement jointes enſemble, qu'elles ne laiſſent entre elles des eſpaces qui ſont vuides, ou qui ſont pleins d'une autre matiére qui n'a aucune liaiſon avec le reſte, & qui céde ſa place à tout ce qui ſe préſente pour l'en exclure ; en admettant ces petits interſtices dont nous prouverons l'exiſtence dans la leçon ſuivante, on conçoit très-facilement que l'impénétrabilité des corps doit s'entendre ſeulement des parties ſolides qui ſe trouvent liées enſemble dans le même tout, & non pas du compoſé qui en réſulte.

II. LEÇON.

De la Porosité, Compressibilité, & Elasticité des Corps.

PREMIERE SECTION.

De la Porosité.

LA Porosité des corps n'est autre chose que le vuide qui se trouve entre leurs parties solides ; & par ce mot de *vuide* nous ne prétendons pas faire entendre des espaces privés de toute matiére : il est indubitable que la plus grande partie de ces interstices loge des fluides dont la présence se manifeste par mille preuves. Quand je plonge dans l'eau une éponge séche, ou une pierre tendre, j'en vois sortir beaucoup d'air à mesure que l'eau les pénétre : & quand je fais sécher des matiéres humides, elles deviennent plus légeres à mesure qu'elles perdent par l'évaporation, ce que leur porosité avoit admis. Ces corpuscules

étrangers ne remplissent que les plus grands vuides ; la matiére du feu, celle de la lumiére que nous voyons passer dans des corps impénétrables à l'air, à l'eau, &c. ne nous permettent point de douter qu'il n'y ait des pores d'un autre ordre, qui se remplissent de ces fluides beaucoup moins grossiers que les autres ; mais quand on considére la matiére propre d'un corps, c'est toujours en faisant abstraction de toutes ces parties étrangéres qui suivent d'autres loix, & qui ne participent point à ses affections. On peut croire aussi qu'après ces premiers vuides qui n'en sont point à proprement parler, puisqu'ils sont pleins d'une autre matiére, il en est d'autres plus petits & qui le sont au sens littéral. La liberté requise pour les mouvemens, semble l'exiger ; mais s'ils existent dans la nature, ils ne sont point susceptibles d'aucune preuve d'expérience. En exceptant donc seulement les parties simples & primordiales des corps, nous établissons comme une proposition générale, que tout ce qui est composé de parties matérielles est poreux, les corps durs

comme les liqueurs, ceux qui ſont organiſés comme ceux qui ne le ſont pas : & s'il y a quelque différence dans les uns & dans les autres, ce n'eſt que par la grandeur, par le nombre, par la figure ou par l'arrangement des pores.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Figure premiére* repréſente une machine pneumatique, ſur la platine de laquelle on a établi un Canon de verre *N O*, terminé en haut par un vaſe de bois de chêne *P*, qui a été creuſé ſelon le fil du bois, & dont le fond eſt épais d'environ 3 lignes; on met de l'eau dans ce vaſe, & l'on fait agir la pompe.

EFFETS.

Après quelques coups de piſtons, l'eau contenue dans le vaſe de bois paſſe à travers le fond, & tombe par goutes dans le canon de verre; le bois s'étend, & quelquefois le vaiſſeau ſe fend.

EXPLICATIONS.

La machine pneumatique eſt un inſtrument qui ſert à pomper l'air qui eſt renfermé dans un vaiſſeau. Nous nous abſtiendrons de rien dire ici de ſa conſtruction & de ſes différens uſages, parce que c'eſt une choſe étrangére à notre objet préſent, & qui trouvera naturellement ſa place dans les leçons qui traiteront des propriétés de l'air. Il nous ſuffira de dire ici qu'en faiſant agir la pompe de cette machine dans l'expérience précédente, on peut ôter l'air qui eſt contenu dans le canon de verre *NO*.

Un morceau de bois conſidéré ſelon ſa longueur, eſt un aſſemblage ou un faiſſeau de petites fibres renfermées ſous l'écorce qui leur ſert d'enveloppe commune. On peut s'en faire une idée (fort groſſiére à la vérité) en ſe repréſentant une botte d'allumetes couvertes d'un fourreau. Quelque menues que puiſſent être ces fibres ligneuſes, elles ne s'approchent jamais de maniére qu'elles ne laiſſent entre elles des interſtices qui forment autant de petits canaux. En creuſant

le vaſe de l'expérience précédente, on a réduit la longueur de ces canaux à l'épaiſſeur du fond qui n'eſt que de deux ou trois lignes ; ainſi l'on peut conſiderer ce fond comme un crible ouvert par une infinité de petits trous qui paſſent d'une ſurface à l'autre ; cependant les pores du bois de chêne ſont ſi petits, que l'eau dont on remplit le vaiſſeau, aidée de ſon ſeul poids, ne peut ſe faire jour à travers. Il faut emprunter une force étrangére qui la mette en état d'aggrandir les paſſages & de pénétrer ; on ſe ſert ici de la preſſion de l'air extérieur, qui agit toujours ſur la ſurface de l'eau, mais qui ne peut avoir ſon effet que quand on diminue, ou qu'on fait ceſſer la réſiſtance de celui qui eſt renfermé dans le canon de verre, & qui lui fait équilibre, tant qu'il y reſte : ainſi après quelques coups de piſtons, l'eau pouſſée par dehors n'étant plus ſoutenue par dedans *N O*, filtre à travers le fond du vaſe de bois, & s'amaſſe en gouttes qui forment en tombant une eſpece de pluye.

Les pores n'ont pas pu s'aggrandir, que les parties ſolides du bois ne ſe

ſoient écartées les unes des autres, & que la ſurface ne ſe ſoit étendue ; mais ſi la circonférence que l'eau pénétre moins, ne s'étend pas proportionnellement autant que le milieu, le fond du vaſe deviendra courbe, ou le vaſe lui-même s'ouvrira par quelque fente.

APPLICATIONS.

Les bois qu'on nomme *tendres* (parce qu'étant plus poreux que les autres ils ſont plus aiſés à couper) lorſque leur ſurface n'eſt enduite d'aucune matiére graſſe, deviennent humides, quand ils ſont plus ſecs que l'air qui les touche ; ou bien ils perdent une partie de leur humidité, s'ils ſont dans un air qui en ait moins qu'eux : parce qu'il eſt de la nature des fluides de s'étendre par-tout avec égalité ; & comme l'état de l'athmoſphere varie ſans ceſſe, les bois ainſi que tous les corps ſpongieux, ſouffrent continuellement des alternatives d'humidité & de ſéchereſſe ; ce qui cauſe des variations dans leurs volumes ; les ſurfaces augmentent d'étendue dans un tems, dans un autre elles dimi-

nuent. C'eſt par cette raiſon, que les charpentes dans les bâtimens neufs, que les cloiſons de ſapins, que les lambris & autres ouvrages de menuiſerie qui n'ont point été faits avec des bois long-tems gardés à couvert, ſe fendent ſouvent avec éclat, & que les aſſemblages perdent leur juſteſſe & leur ſolidité; qu'une fenêtre qui ſe ferme aiſément dans un tems, ſe trouve trop large dans un autre, & peut à peine rentrer en place; qu'un tonneau entr'ouvert ſe raccommode en reſtant dans l'eau, &c. Car tous ces effets ne ſont autre choſe que des dimenſions augmentées par l'humidité, ou diminuées par la ſéchereſſe.

Ces ſortes de déſordres ne ſeroient pas à beaucoup près auſſi conſidérables qu'ils ſont, ſi la diminution ou l'augmentation des ſurfaces ſe faiſoit également par-tout & en même tems; dans les ouvrages qui ſont d'une ſeule piéce, ou qui ſont aſſemblés à colle, il n'arriveroit qu'un changement de grandeur qui ſeroit ſouvent d'une légere conſéquence: mais parce qu'un côté devient humide & plus grand, pendant que l'autre reſte ſec,

& ſans diminution, il s'enſuit des gerſures, des courbures, des difformités. C'eſt ainſi qu'un lambris ſe creuſe en dehors, quand la ſurface qui touche un mur humide, demeure plus étendue que l'autre; & qu'une porte ſe déjette, quand les piéces qui la compoſent, ne ſont pas également ſuſceptibles ou exemptes des impreſſions de l'air.

L'uſage des peintures à l'huile & des vernis remédie aſſez bien à ces ſortes d'inconvéniens : en bouchant ainſi les pores du bois avec une matiere qui n'eſt point pénétrable à l'eau, non ſeulement on empêche l'humidité d'y entrer, mais auſſi celle qui s'y trouve renfermée dans le tems qu'on finit l'ouvrage, n'en peut plus ſortir, & c'eſt un moyen de conſerver un état conſtant aux choſes qui n'en peuvent changer que par le ſec ou par l'humide.

C'eſt une choſe admirable, que des petites parcelles d'eau qui s'inſinuent dans une matiere ſolide, puiſſent ainſi par leurs petites forces multipliées, augmenter ſon étendue, nonobſtant les réſiſtances énormes qui font effort

quelquefois pour la retenir dans ſes dimenſions. On a vu des cables mouillés à deſſein ſe gonfler aux dépens de leur longueur, & faire approcher du point fixe où ils étoient attachés des maſſes prodigieuſes. Une ſemblable expérience, & qui n'eſt pas moins digne d'attention, ſe paſſe tous les jours ſous des yeux qui n'en remarquent pas tout le beau, dans les carrieres où l'on taille les meules de moulin. Ces ſortes de pierres ſont fort dures, & l'on n'eſt pas dans l'uſage de les ſcier. On en choiſit un bloc que l'on façonne en forme de Cylindre d'un diamétre convenable. Tandis qu'il repoſe ſur ſa baſe; on le partage par des tranchées circulaires & paralleles, à telle diſtance l'une de l'autre qu'il ſe trouve entre elles de quoi faire autant de meules: mais comme ces tranchées ne peuvent pas aller juſqu'à l'axe du cylindre, il reſte un noyau qu'il faut rompre à chaque tranche qu'on veut détacher; pour cet effet on remplit tout ce qu'on a creuſé, avec des coins de bois tendre & bien ſéchés, dont on augmente enſuite le volume en les mouillant par aſperſion ou autrement.

Ce

Ce qu'il y a de merveilleux dans cette pratique, c'eſt que ni le poids, ni la dureté d'une telle pierre, ne puiſſe empêcher l'humidité d'avoir ſon effet ſur le bois, & que par un moyen ſi ſimple, & ſi peu puiſſant en apparence, elle ſe ſépare de la maſſe dont elle fait partie.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

En place du canon de verre de l'expérience précédente, on met celui qui eſt repréſenté par la *Figure* 2. il eſt garni par le haut, d'un flacon de criſtal dont le fond eſt de cuir de buffle, & dans lequel on a mis du mercure juſques à la hauteur de deux doigts environ.

EFFETS.

Au premier ou au ſecond coup de piſton le mercure paſſe à travers le cuir, & tombe dans le tube par petits globules qui imitent une pluye d'argent.

EXPLICATIONS.

La peau de buffle qui ſert de fond

au flacon, eſt, comme celle de tous les autres animaux, très-poreuſe; le mercure qui repoſe deſſus, n'eſt pas en aſſez grande quantité pour forcer le paſſage par ſon propre poids; mais quand on y joint la preſſion de l'air extérieur comme dans la premiere expérience, alors ſes petits globules ſe font jour, & imitent en tombant, une pluye d'argent, par leur nombre & par leur couleur.

APPLICATIONS.

La vie des animaux s'entretient par les alimens; mais de tout ce qu'ils prennent par forme de nourriture, la nature n'en employe qu'une très-petite partie à la ſubſiſtance du corps qui les digére: quand elle a fait ſon extrait, & qu'elle l'a placé ſelon ſes vues, elle a des voyes par leſquelles elle ſçait ſe débarraſſer du ſuperflus; on croiroit volontiers que les évacuations les plus vulgairement connues ſont auſſi celles qui emportent la plus grande quantité de ces ſubſtances excédentes; mais il en eſt d'autres qu'on apperçoit moins & qui opérent davantage, parce qu'elles ſe

font continuellement. Ce qu'on appelle *transpiration*, n'eſt autre choſe qu'une évaporation d'humeurs ſurabondantes qui ſe fait en plus grande partie par les pores de la peau : ſi elle eſt telle qu'elle rende la ſurface du corps notablement humide, elle ſe nomme tranſpiration ſenſible, ou vulgairement *ſueur* ; & cet état n'eſt pas naturel, il ſuppoſe un exercice violent, ou quelque agitation extraordinaire dans les parties internes ; mais l'animal le plus tranquille & qui ſe porte le mieux, n'eſt pas un inſtant ſans tranſpirer d'une maniere peu ſenſible à la vérité, mais ſi efficace à la longue que ſelon les expériences de Sanctorius, de M. Dodart, & de quelques autres perſonnes qui les ont faites avec ſoin, de huit livres de nourriture qu'un homme auroit priſes en 24. heures, la tranſpiration inſenſible en enleve cinq.

On ne doit donc pas être ſurpris du dépériſſement & de la défaillance de ceux qui ſont trop long-tems ſans manger, ou qui ne prennent que des ſubſtances peu capables de fournir à la réparation de celles qui

ſe perdent continuellement par la transſpiration : mais on a raiſon de l'être quand on voit des létargiques & certains animaux, comme les marmotes, les loirs, &c. vivre pluſieurs mois endormis ſans prendre aucun aliment.

Ceux qui ont vû des corps vivans & endormis de cette ſorte, ont dû s'appercevoir que leur état reſſemble bien plus à un engourdiſſement général répandu dans toute l'habitude du corps, qu'au ſommeil naturel & commun. Dans un animal qui n'eſt ſimplement qu'endormi ſelon le cours ordinaire de la nature, la reſpiration eſt ſenſible & fréquente ; la chaleur & la moleſſe des membres témoignent que les humeurs ſe meuvent & circulent avec liberté ; il n'y a pour ainſi dire qu'un pas à faire de ce ſommeil au reveil ; ainſi la tranſpiration continue, parce que ſes cauſes ſont à peu-près les mêmes : mais dans un létargique ce n'eſt pas la même choſe, tout eſt dans une inaction preſque entiére ; il ne différe d'un mort que par un reſte de mouvement qui ſe laiſſe à peine appercevoir, & qui le plus

ſouvent ne ſe ranime plus : ou s'il ſe ranime enfin, l'extrême maigreur & la grande foibleſſe du malade marquent bien à ſon reveil la perte qu'il a faite de ſa ſubſtance par une tranſpiration plus lente mais trop longue. J'ai obſervé quelquefois de ces eſpéces de rats qu'on nomme loirs ; l'engourdiſſement où ils étoient, leur rendoit les membres auſſi roides que s'ils euſſent été morts; à peine paroiſſoient-ils plus chauds que la muraille d'où on les avoit tirés ; preſque aucun ſigne de mouvement interne, & une difficulté pour les éveiller qui permettoit de les agiter de toute maniére, & même de leur faire des bleſſures. Dans un tel état, l'animal fait bien peu de diſſipation ; il peut donc le ſoutenir quelque tems ſans nourriture, & ce tems où il vit ainſi, eſt toujours celui de toute l'année, où la tranſpiration eſt moins abondante, c'eſt-à-dire, pendant le froid.

Dans les grandes chaleurs de l'été on tranſpire davantage, & d'ordinaire on mange moins que dans toute autre ſaiſon ; les parties de l'eſtomac deſtinées à faire la digeſtion des

alimens, ſe relâchent juſtement lorſqu'il ſeroit le plus neceſſaire qu'elles exerçaſſent leurs fonctions ; les animaux ſont alors moins vigoureux, parce qu'ils perdent plus, & qu'ils réparent moins qu'en tout autre tems; l'apétit & le beſoin de manger ne ſont point la même choſe.

Si la peau des animaux a des pores qui tranſmettent les humeurs du dedans au dehors ; elle en a auſſi qui permettent le paſſage à des matiéres qui agiſſent du dehors au-dedans ; la médecine applique extérieurement des remédes qui portent leurs effets juſqu'aux parties les plus internes, & qui ne permettent point de douter de cette derniére eſpéce de poroſité.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

On met un oeuf dans un gobelet de verre plein d'eau claire, que l'on couvre d'un recipient ſur la platine de la machine pneumatique, comme il eſt repréſenté par la *Fig.* 3.

Effets.

Quand on fait agir la pompe pour ôter une partie de l'air qui est dans le récipient, toute la surface de l'oeuf se couvre de petites bules d'air qui se détachent peu à peu, pour gagner la surface de l'eau; & à certains endroits de l'oeuf on remarque des petits jets d'air qui sont formés par une suite continuelle de petits globules.

Explications.

La coque d'un œuf est poreuse, & par cette raison il s'évapore en peu de jours une partie de sa substance, qui est bien-tôt remplacée par l'air qui l'environne. Cet air contenu dans l'œuf n'en sort point tant qu'il est retenu par la pression de l'athmosphére; mais quand on diminue ou qu'on fait cesser cette pression, comme il arrive dès qu'on ôte l'air qui est dans le récipient & qui presse l'eau contre toute la surface de l'oeuf; aussi-tôt l'air intérieur, par une propriété que nous expliquerons dans son tems, fait effort pour passer au dehors; & montre en sortant les pores de la

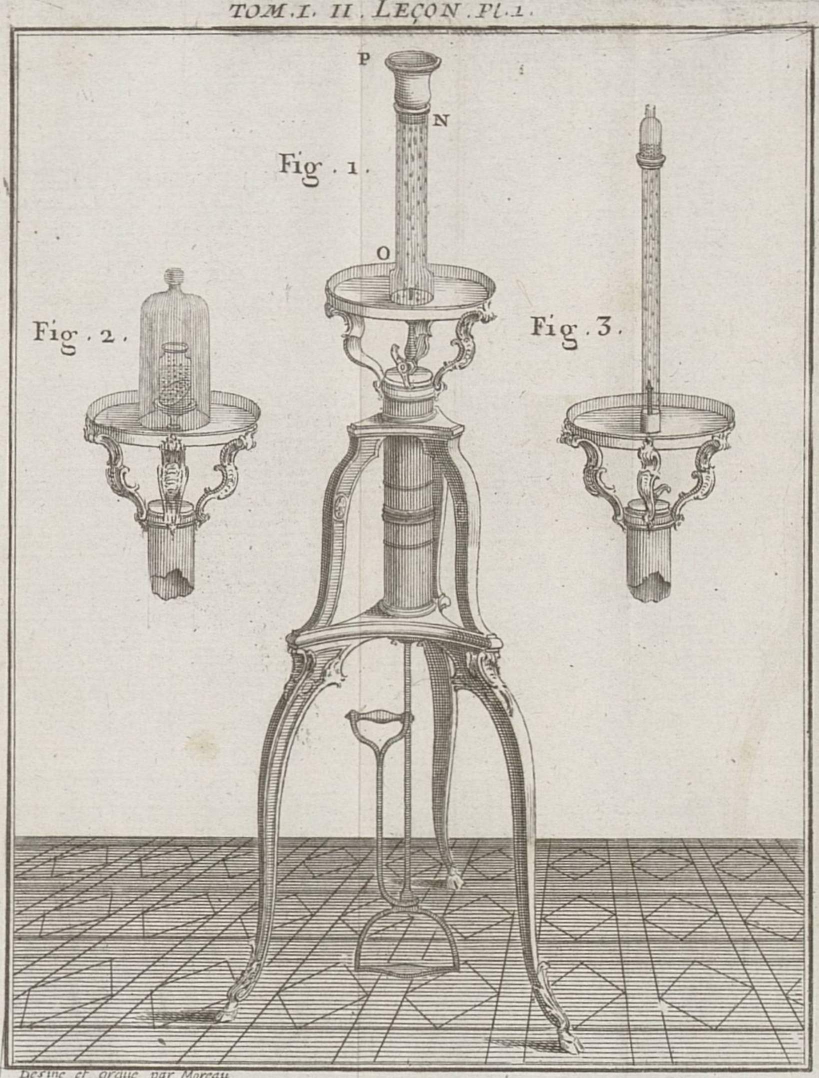
coque par lesquels il y étoit entré. La plûpart de ces pores sont si petits que l'air n'y passe qu'en parties insensibles; mais l'adhérence mutuelle de ces particules les retient jusqu'à ce que le volume augmenté par un assez grand nombre, soit forcé de s'élever à la surface de l'air, par la différence qu'il y a entre les pesanteurs spécifiques des deux fluides.

La porosité n'est point égale partout, il y a des endroits où ces petits passages sont plus ouverts, & par lesquels l'air passe assez librement, & en assez grande quantité, pour obéir tout d'un coup à sa légéreté respective; c'est ce qui donne lieu à ces petits jets qu'on remarque en différents endroits. L'eau que l'on met dans le gobelet, & dans laquelle l'œuf doit être entiérement plongé, ne sert que pour faire appercevoir les bules d'air qui sortent de la coque, & qu'on ne pourroit pas remarquer si elles passoient immédiatement dans l'air du récipient.

APPLICATIONS.

Les œufs qu'on nomme frais, sont

ceux


P
N
Fig. 1.
O
Fig. 2.
Fig. 3.
Desiné et gravé par Moreau

ceux qui n'ont point encore perdu cette partie qu'on nomme le lait, & qu'on trouve d'abord en les ouvrant quand ils ne ſont point trop cuits : ainſi ſans avoir égard à la date, on pourroit nommer de même ceux qui ſeroient pondus depuis pluſieurs jours, mais à qui l'on auroit épargné cette diſſipation de ſubſtance, qui n'eſt qu'un effet de l'évaporation qui ſe fait aſſez promptement par les pores de la coque. Non-ſeulement c'eſt une choſe curieuſe de conſerver frais par leurs qualités, des oeufs qui ſont vieux par le tems ; mais il y a un avantage réel à ſe procurer toujours en bon état un aliment qui devient ſouvent équivoque quand il eſt gardé. Dans les voyages de Mer, & dans les ſaiſons où les poules ne pondent point ou très-rarement, c'eſt une véritable reſſource, qu'une proviſion d'œufs qui ſont auſſi bons que s'ils étoient nouvellement pondus. M. de Reaumur qui ne borne jamais ſes recherches à des ſpéculations de ſimple curioſité, nous en offre un moyen qui paroît auſſi ſimple & plus ſûr que tous ceux qu'on avoit imaginés avant lui.

Il conſeille de boucher les pores de l'oeuf avec un enduit indiſſoluble à l'eau, & qui ait quelque conſiſtance afin que ce qui fait effort pour tranſpirer du dedans au dehors de l'œuf, ne puiſſe pas fondre ce qui ſe ſera moulé dans les pores comme autant de petits bouchons. Deux ou trois couches de vernis le plus commun, une legére couverture de graiſſe de mouton, ou de cire chauffée ſeulement juſqu'à liquidité, ſont des moyens qui réuſſiſſent également ; & je puis dire d'après ma propre expérience, qu'un œuf ainſi gardé cinq ou ſix mois fait encore le lait, & n'a pas le moindre mauvais goût.

Les œufs vernis ou enduits, comme on vient de le dire, n'ont pas ſeulement l'avantage de ſe conſerver bons pour être mangés comme frais; ils ont encore celui de pouvoir être couvés en toute ſûreté, après un tems qui, ſans cette précaution, feroit craindre avec raiſon qu'ils ne fuſſent corrompus : c'eſt donc un nouveau moyen pour tenter d'élever des oiſeaux étrangers, qu'on ne peut tranſporter vivans qu'avec beaucoup

de peine & d'embarras, & qui pour l'ordinaire ne s'accouplent point hors de leur pays. Leurs œufs vernis se transporteront aisément, seront propres à être couvés après un long transport; & l'on sçait qu'une espéce couve les oeufs d'une autre : une poule fait éclore des canards, des faisans, &c. Mais en pareil cas il ne faut pas oublier de préférer le vernis à tout autre enduit qui s'appliqueroit chaud, & qui pourroit tuer le germe; non plus que d'ôter le vernis même qui couvre la coque, quand il s'agit de mettre les oeufs sous l'oiseau qui les doit couver. Cette transpiration qu'on avoit intérêt d'arrêter jusqu'alors, devient nécessaire pendant l'incubation; & ce sont encore deux faits également constatés par les expériences de M. de Reaumur : 1°. qu'un œuf verni demeure envain sous l'oiseau qui couve; 2°. que celui qui a été enduit & qui ne l'est plus, se couve & vient à bien comme s'il ne l'avoit jamais été.

IV. EXPERIENCE.

Preparation.

Sur un morceau de papier blanc, on écrit ou l'on dessine ce que l'on veut avec une liqueur claire & sans couleur, qui est préparée avec du vinaigre distillé & de la litarge; on met le papier, qui ne porte aucune marque d'écriture quand il est sec, dans les premiéres feuilles d'un livre qui a 400 ou 500 pages; on étend ensuite avec une petite éponge sur la derniére feuille du livre, une autre liqueur qui n'est pas plus colorée que la premiére, & qui est une préparation faite avec l'orpiment, la chaux vive, & l'eau commune; & l'on tient le livre fermé pendant trois ou quatre minutes. *Fig.* 4.

Effets.

Quand on retire le papier qu'on avoit mis dans le livre, on trouve coloré d'un brun noir tout ce qu'on y avoit écrit ou dessiné avec la premiére liqueur; & l'on ne rencontre aucune marque semblable dans tout le reste du livre.

EXPLICATIONS.

Ces deux liqueurs que l'uſage a nommées *encres de ſympathie*, ſont de telle nature, que partout où elles ſe rencontrent, leur mélange paroît ſous une couleur qu'elles n'avoient ni l'une ni l'autre avant que de ſe joindre. C'eſt un effet qui leur eſt commun avec pluſieurs autres liqueurs, & dont nous eſſayerons de rendre raiſon en parlant de la lumiére & des couleurs. La derniére de ces deux liqueurs exhale une vapeur fort penétrante qu'on apperçoit à l'odeur, & qui paſſe à travers des feuillets du livre en très-peu de tems. Or la vapeur d'une liqueur, c'eſt la liqueur même diviſée en très-petites parties, & dans cet état elle eſt également propre à s'unir avec ce qu'on a étendu de la premiére ſur le papier blanc; il s'y fait donc un mélange des deux qui paroît ſous la couleur qu'elles doivent faire naître toutes les fois qu'elles ſe joignent enſemble: & comme cette couleur dépend abſolument de l'union des deux; la vapeur en pénétrant le livre n'a dû laiſſer aucune

trace de ſon paſſage, puiſqu'on ſuppoſe que les feuilles ne portoient rien de la premiére liqueur.

APPLICATIONS.

Depuis qu'on a banni de la Phyſique toutes ces qualités occultes avec leſquelles on répondoit à tout, mais qui au fond ne rendoient raiſon de rien à quiconque vouloit des idées claires & diſtinctes : on ne doit plus recevoir la *ſympathie* & l'*antipathie*, comme les cauſes d'aucun phénoméne, à moins qu'on ne prenne ces mots par abbréviation, pour l'action méchanique d'un corps ſur un autre; comme quand on dit, *tel reméde ou tel aliment, eſt ami de la poitrine, de l'eſtomac, &c.* façon de parler, pour dire qu'on en doit attendre un bon effet, & pour ne point expliquer en détail comment ſe paſſe cette action qui conſerve, ou qui répare. Mais ſi quelqu'un pour rendre raiſon de l'expérience précédente avoit dit: la ſeconde liqueur fait paroître la premiére, parce qu'elle ſympathiſe avec elle; il n'auroit rien dit pour ceux qui veulent une explication intelligi-

ble : on exigeroit de lui qu'il fît connoître en particulier ou au moins en général, en quoi consiste cette sympathie ; ses raisons ne se feroient goûter que quand il les établiroit sur des principes connus : car s'il supposoit dans son explication quelque chose de nouveau en Physique, il faudroit encore qu'il le prouvât, sans quoi ce ne seroit qu'une hypothése qui n'auroit nulle force.

Ce qui fait recourir aux sympathies ou aux antipathies pour expliquer certains faits, c'est ordinairement la difficulté qu'on trouve à les accorder avec les loix ordinaires & connues de la nature ; mais ceux qui en usent ainsi, sont souvent bien peu informés de ces loix, & de l'usage qu'on peut faire de leur connoissance. Un homme instruit, sçait que les propriétés que nous connoissons dans les corps sont en bien petit nombre, mais qu'elles sont très-fecondes dans leurs applications : elles se montrent par tant d'endroits differens, qu'il a peine à se persuader de les trouver jamais en défaut ; sans se flatter de les connoître toutes, il ne se permet pas

legérement la liberté d'en imaginer de nouvelles ; il aime mieux croire qu'il ne les voit pas toujours où elles ſont, & que ce qu'il n'apperçoit pas eſt reſervé à un génie plus heureux ou plus clairvoyant.

Mais (il faut l'avouer) les faits ſont inexplicables très - ſouvent, parce qu'ils ſont faux ou exagerés ; & c'eſt agir prudemment que de les conſtater avant que de faire les frais d'une explication. Ceux qui les racontent ont cru voir ce qu'ils n'ont point vû, faute de diſcernement ou d'attention; ou bien ils les rediſent d'après gens intéreſſés ou de mauvaiſe foi ; ſi la crédulité, l'amour du merveilleux vient encore à l'appui de l'ignorance & de la prévention, on reçoit comme faits conſtants toutes les imaginations creuſes & puériles qui ſe préſentent, & toutes les exagérations qui ſe tranſmettent de bouche en bouche, & qui s'accréditent par le tems & par l'autorité de quelqu'un à qui l'on ſuppoſe des lumiéres qu'il n'a pas. Je ne parle point de l'impoſſibilité prétendue d'accorder ſur un inſtrument deux cordes, dont l'une

ſeroit de boyaux de mouton, & l'autre de boyaux de loup; du danger imaginaire de jetter dans le feu de l'urine ou du ſang; de la guériſon qu'on attend de certains fruits qu'on porte dans ſa poche, ou qu'on jette dans un puits; & d'une infinité d'autres remedes ou préſervatifs ſemblables, dont tout le monde ſent le ridicule, & qui ne s'appuyent d'aucune expérience qu'on puiſſe citer. Mais, qui eſt-ce qui n'a point entendu parler de la fameuſe poudre de ſympathie, & de ſes effets admirables? On ſçait que ce n'eſt autre choſe que du vitriol calciné au Soleil & pulvériſé; ce minéral eſt aſtringent; quand on l'applique ſur une plaie il ne manque guére de la deſſécher, & de la diſpoſer à ſe fermer en peu de tems: juſqu'ici point de ſympathie, dans le ſens qu'on le ſuppoſe. Quand on employe cette poudre près du bleſſé ſur un linge baigné de ſon ſang encore chaud, il arrive quelquefois que la bleſſure s'en reſſent; il n'y a encore là rien de ſympathique, que pour ceux qui ignorent que du vitriol en poudre s'exhale en particules inſenſibles, que l'air

voisin porte aux environs, & qui s'attachent par préférence aux endroits humides. Mais le merveilleux de cette opération, c'est quand cette poudre agit à une grande distance, comme à 4. à 6. ou à 10. lieues.

Il n'y a pas d'apparence (il faut en convenir) qu'on explique jamais un tel phénoméne avec quelque vraisemblance par les loix ordinaires & connues de la nature: mais pourquoi chercher à l'expliquer ce prétendu phénoméne, s'il n'est qu'une exagération outrée de quelque Charlatan, soutenue aveuglément par la crédulité, & par l'envie d'entendre & de débiter des merveilles? C'est le jugement qu'on doit en porter d'après ceux qui n'en ont voulu croire que leurs propres yeux. * Combien de pareilles chiméres s'évanouiroient, si l'on étoit de bonne foi dans le récit des faits & de leurs circonstances?

* *Cours de Chymie de Lemery, p.* 492.

AUTANT nous sommes certains que la porosité est une propriété commune à tous les corps, autant nous ignorons la quantité absolue de leurs pores. Comme tout ce qui est matiére est pesant, & que la pesanteur ne con-

vient qu'à ce qui eſt matériel ; nous ſçavons bien qu'un corps a moins de vuide qu'un autre, quand à volume égal il péſe davantage que lui : mais cette comparaiſon ne nous apprend que leur poroſité relative ; elle ne nous dit pas que dans l'un des deux il y a juſtement telle ou telle quantité de parties ſolides, ce qui nous feroit connoître évidemment de combien il eſt poreux. Le vrai moyen d'en être inſtruit, ſeroit d'avoir une matiére de comparaiſon qui fût toute ſolide, en qui la grandeur & le poids fuſſent abſolument ſynonimes : car en comparant une portion de cette matiére avec un pareil volume d'une autre matiére ; ſi celle-ci peſoit moitié moins, par exemple, on auroit raiſon de conclure, non-ſeulement qu'elle eſt une fois moins ſolide, comme nous faiſons d'ordinaire ; mais on ſçauroit de plus la juſte valeur de ce *moins*, & l'on regarderoit comme certain, que la poroſité de cette matiére comparée, ſeroit égale à ſa ſolidité ; puiſque la péſanteur, attribut qu'on peut regarder comme inſéparable des parties matérielles, s'y feroit ſentir une

fois moins que dans une ſemblable étendue qu'on ſuppoſe toute matiére.

Mais un corps de cette eſpece ne ſera jamais qu'une ſuppoſition qu'on ne peut pas réaliſer ; nous ne connoiſſons rien de ſemblable dans la nature. L'or eſt de tous les êtres matériels que nous connoiſſons, celui qui eſt le plus compacte, & qui renferme le plus de matiere ſous un volume déterminé ; il n'y a point de matiere connue dont un pouce cube peſe autant qu'un pouce cube d'or. Cependant ce métal eſt poreux, puiſqu'en un moment le mercure s'y introduit, & que l'eau régale dont on ſe ſert pour le diſſoudre, agit de ſurface en ſurface juſques à la derniére. Pluſieurs Phyſiciens * même ont porté leurs conjectures juſques à croire qu'il pouvoit y avoir dans l'or autant de vuide que de plein. Quelle idée aurons-nous donc de la poroſité des autres corps ? de l'eau commune, par exemple, qui peſe environ dix-neuf fois moins que l'or ; ou de l'air qui eſt 800 fois moins ſolide que l'eau.

* *Newton. Traité d'Optique, liv. 2. part. 3. prop. 8.*

Une matiere n'eſt pas toujours plus poreuſe qu'une autre par cette

ſeule raiſon qu'elle a des pores plus ouverts ; le nombre compenſe ſouvent ou ſurpaſſe même dans l'une ce que fait la grandeur dans l'autre. Un bouchon de liége, quelque comprimé qu'il ſoit dans le col d'une bouteille, ne devient jamais auſſi compacte qu'un morceau de bois de quelqu'autre eſpece : jamais ſon volume diminué par compreſſion ne le rend auſſi peſant que le chêne, par exemple ; ſa poroſité eſt donc toujours plus grande ; cependant ni le chêne, ni aucun autre bois ſemblable ne ſera jamais auſſi propre que le liége pour arrêter l'évaporation de quelque liqueur renfermée dans un vaiſſeau : il eſt donc plus que vraiſemblable que ſi dans l'un des deux la ſomme des vuides eſt plus grande, c'eſt moins par la grandeur que par le nombre des pores. Quand l'eau régale qui diſſout l'or, refuſe de pénétrer une maſſe d'argent, dira-t-on, en conſéquence de la légereté reſpective de ce dernier métal, qu'il a les pores plus ouverts que le premier ? pourquoi ce qui entre dans celui-ci ne peut-il pas entamer l'autre, ſi, comme

on le ſuppoſe, ſes parties plus diſtantes les unes des autres, donnent plus de priſe au diſſolvant ? Ne vaudroit-il pas mieux dire que les petits vuides dans l'argent, ne ſont pas tout-à-fait auſſi grands que dans l'or, mais qu'ils ſont beaucoup plus nombreux ?

Juſques ici l'explication ne va point mal. Mais ſi l'on répond que l'eau forte ordinaire, qui diviſe l'argent & la plûpart des autres métaux, ne donne aucune atteinte à l'or ; il faut avouer que la grandeur reſpective des pores devient une raiſon bien foible ; car pourquoi ce qui peut s'introduire dans une moindre ouverture n'en peut-il pas pénétrer une plus grande ? Eſt-ce qu'il faudroit une juſte proportion entre les petites pointes du diſſolvant, & les pores de la matiere diſſoluble ? ou bien, faudra-t-il pour étayer cette explication, joindre la figure à la grandeur ?

On ne peut douter qu'une matiere ne différe d'une autre par la configuration de ſes parties inſenſibles ; & de ce qu'elles ſont différemment figurées en différens corps, il s'enſuit que les pores dans les uns & dans les

autres doivent prendre différentes formes. A l'aide de ce principe qui est incontestable, on conçoit aisément qu'une particule solide pour se placer dans un de ces petits vuides, ou pour passer de l'un à l'autre, doit avoir non-seulement une grandeur proportionnée, mais aussi une figure convenable; & que l'une de ces deux conditions venant à manquer, l'autre peut fort bien ne pas suffire. C'est ici le cas où l'on est obligé de reconnoître, qu'avec des principes certains & avoués d'ailleurs, on demeure encore en doute sur les explications, quand on n'applique ces principes que par conjectures, & que l'expérience ne dit pas si l'on a bien deviné.

Au reste quoique nous ignorions, si c'est une proportion de grandeur, ou de figure, ou l'une & l'autre ensemble, qui font agir un dissolvant sur une matiere préférablement à une autre; le fait n'en est pas moins connu, & depuis long-tems les arts en ont fait leur profit.

Le Graveur en taille douce prend une planche de cuivre mince & bien polie; il l'enduit légerement d'une

eſpece de cire préparée qu'il noircit à la fumée d'un flambeau ; il deſſine enſuite ſur cette ſurface enduite, avec une pointe d'acier qui découvre le cuivre par autant de traits que ſon deſſein en exige ; il borde ſa planche avec un cordon de cire amollie, il la poſe horizontalement, & il la couvre de 3. ou 4. lignes d'eau forte affoiblie avec de l'eau commune au tiers ou à moitié. En peu de tems le cuivre découvert par la pointe d'acier céde à l'action du diſſolvant, & ſe creuſe plus ou moins ſelon les vues de l'artiſte qui régle la durée de l'opération, pendant que la cire (qui ne ſe diſſout point dans l'eau forte) conſerve le reſte de la ſurface en ſon entier. C'eſt ainſi qu'on prépare une feuille de métal pour multiplier 3000. ou 4000. fois la même Eſtampe, en la faiſant paſſer ſucceſſivement par la preſſe ſur autant de feuilles de papier.

Le marbre eſt impénétrable à l'eau, & à quantité d'autres liqueurs ; mais il ne l'eſt pas pour l'eſprit de vin, pour l'eſprit de therebenthine, pour la cire fondue : ces exceptions ont été ſaiſies par des perſonnes ingénieuſes

comme

comme autant de moyens pour introduire dans l'intérieur du marbre des couleurs étrangeres, & pour imiter avec celui qui est blanc les autres especes qui sont naturellement colorées. Feu M. Dufay qui s'étoit beaucoup exercé à teindre des pierres dures, & qui a fait part à l'Académie des Sciences de ses découvertes en ce genre, * me fit voir plusieurs fois des tables de marbre artificiellement teintes, bien imitées, & si fortement pénétrées qu'elles avoient été polies depuis sans rien perdre de leurs couleurs.

* *Mém. de l'Acad.* 1728. *pag.* 50.

Les vernis dont on fait maintenant tant d'usage, ne sont autre chose que des gommes de différentes especes que l'on liquefie par le moyen de quelque dissolvant. Telle s'étend dans l'esprit de vin qui reste entiére dans les huiles qu'on employe avec succès pour fondre les autres; tout l'art consiste à connoître dans quelle matiere chacune est dissoluble, & ce choix ne devient sans doute nécessaire que par la différence qu'il y a entre la porosité des unes & celle des autres.

III. SECTION.

De la Compressibilité & de l'Elasticité des Corps.

TOut ce que nous avons dit de la porosité, a déja dû faire connoître que la grandeur apparente d'un corps quelconque excéde toujours la quantité réelle de sa matiére propre : & cet excès varie peut-être autant que les especes qui composent l'univers ; car on rencontre rarement deux matieres qui, à volumes égaux, pesent également.

C'est ce raport du volume à la masse qu'on nomme *densité* : un corps est plus dense qu'un autre, quand la quantité réelle de sa matiere différe moins de sa grandeur apparente ; ou (ce qui est la même chose) quand sous une grandeur donnée, il contient plus de parties solides. Le plomb est donc plus dense que le cuivre, l'air est moins dense que l'eau.

Mais le même corps peut changer

de denſité ; c'eſt-à-dire, que ſa maſſe reſtant la même, ſon volume peut varier, ſoit en augmentant, ſoit en diminuant. Quand un corps devient plus denſe, c'eſt que ſes parties ſolides ſe raſſemblent dans un plus petit eſpace ; & cela peut ſe faire de deux manieres, ou lorſqu'on ſupprime une cauſe interne qui les tenoit plus écartées, ou quand on applique extérieurement une force qui les oblige à ſe rapprocher mutuellement. On peut diſtinguer l'une de l'autre, ces deux manieres de diminuer le volume d'un corps, en appellant la premiere, *condenſation* ; l'autre, *compreſſion* ; (quoique, à dire vrai, ce ſoit toujours condenſer une matiere que d'occaſionner la diminution de ſon volume de quelque façon que ce ſoit :) ainſi ſerrer de la neige dans les mains pour en faire une pelotte, c'eſt la comprimer; faire refroidir une liqueur, ou diminuer la chaleur qui dilate ſes parties, c'eſt la condenſer.

Nous ne connoiſſons aucun corps dans la nature (en faiſant abſtraction des parties élémentaires, ou atômes, s'il y en a) dont le volume ne puiſſe

être diminué de l'une de ces deux manieres au moins, & assez souvent de l'une & de l'autre façon. Quelque dure que puisse être une matiere, elle ne l'est jamais parfaitement; ses molécules sont toujours plus ou moins dilatées, soit par un mouvement interne qui peut être ralenti, soit par l'action d'un fluide étranger qui la pénétre, & qu'on peut vaincre par une puissance extérieure. Une barre de fer, par exemple, qui a été chauffée jusqu'à rougir, devient ensuite plus menue & plus dure, à mesure qu'elle se refroidit; parce que ses parties se rapprochent peu à peu, en perdant le mouvement violent qu'elles avoient acquis dans le feu. Une éponge mouillée & dilatée par l'eau qu'elle contient, se place dans un espace beaucoup moindre, quand on exprime le fluide qui remplit ses pores. Une boule de marbre ou de verre, un diamant même, jettés sur quelque chose d'aussi dur, rejaillissent à l'instant; & nous ferons voir bien-tôt que le mouvement de réflexion est une preuve de la compressibilité du corps réfléchi.

Tous les corps généralement dans tel état qu'ils ſe préſentent, ſolides, fluides, ou liquides, ſont ſuſceptibles de condenſation. Un morceau de marbre, & ſur-tout s'il eſt noir, ſe trouve ſenſiblement plus petit, quand il a ſejourné quelque tems dans un lieu beaucoup plus froid que celui où il étoit, lorſqu'on l'a meſuré d'abord. Une veſſie ou un ballon rempli d'air pendant l'été, devient flaſque pendant l'hyver; & la liqueur du thermométre ne deſcend vers la boule, que quand ſon volume ne ſuffit plus pour remplir la partie du tube, qu'elle occupoit dans un tems plus chaud: mais nous remettons à parler plus amplement de la maniére dont les corps ſe condenſent, en traitant du feu & de la chaleur qui les rarefient.

Quant à la compreſſion, on ne peut pas dire qu'elle convienne auſſi généralement à la matiére conſidérée dans tous ſes états: tous les corps ſolides ſont compreſſibles, & juſqu'ici l'expérience n'en a fait excepter aucuns; l'air ſe comprime conſiderablement, & produit par cette propriété des effets ſurprenans, que nous

rapporterons dans leur lieu. D'autres fluides comme la fumée, la flamme, &c. n'ont point encore été éprouvés dans cette vûe ; ſans doute parce qu'il ſeroit très difficile, & probablement impoſſible de les appliquer ſeuls à des expériences de cette eſpéce ; mais pour les liqueurs, elles n'ont jamais donné directement aucun ſigne de compreſſibilité, quelque choſe qu'on ait fait ; & il ſemble que l'on a fait d'abord tout ce que l'on peut faire : l'expérience de l'Académie *del cimento*, eſt auſſi ingenieuſe que le réſultat devoit être peu attendu ; & l'on ne voit pas que depuis qu'on l'a faite, perſonne ait tenté de faire mieux ; M. Newton * la rapporte comme une choſe fort curieuſe ; & comme s'il eût apprehendé qu'un fait auſſi ſurprenant ne fût revoqué en doute, il aſſure qu'il le tient d'un témoin oculaire ; pour moi je le cite d'après mes propres yeux, & l'uſage que j'en fais dans mes cours a déja mis bien du monde à portée de le citer de même ; voici le fait.

* *Traité d'opt. liv. 2. part. 3. prop. 8.*

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Une boule de métal dont on a meſuré exactement la capacité, aſſez mince pour être fléxible, remplie d'eau entiérement, & bouchée de façon qu'elle ne puiſſe rien perdre par l'orifice, s'applique à une petite preſſe qui eſt repréſentée par la *Fig.* 5.

EFFETS.

Quand on fait agir la preſſe, la boule de métal comprimée, s'applanit un peu; & ſi l'on continue de preſſer, l'eau ſe fait jour à travers des pores, & paroît ſur la ſurface en petites goutes ſemblables à celles de la roſée.

EXPLICATIONS.

C'eſt une choſe démontrée, qu'une capacité ſphérique, à ſurfaces égales, contient plus de matiére que toute autre; il s'enſuit qu'un vaiſſeau qui a cette figure, & qui eſt plein, ne peut pas la perdre qu'il n'arrive de ces deux choſes l'une; ou qu'il

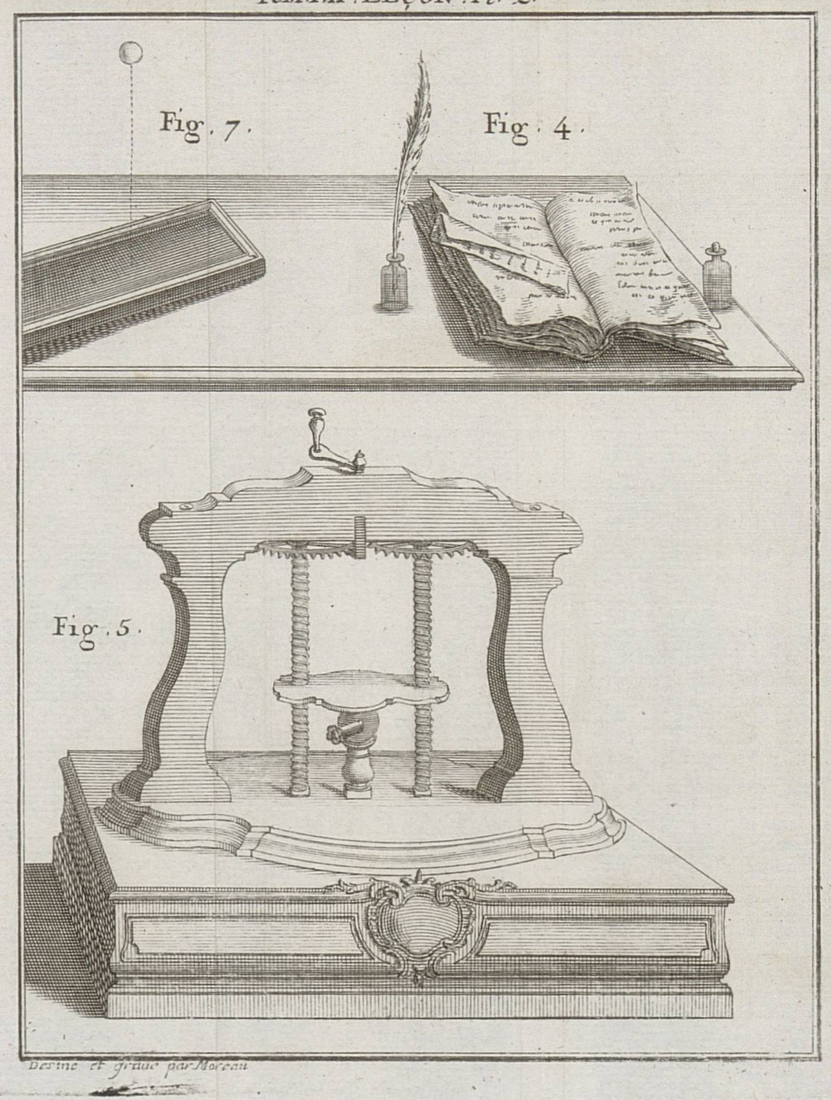
augmente de ſurface pour conſerver la même capacité, ou que ce qu'il renferme ſe condenſe en diminuant de volume. Quand l'eau commence à paſſer à travers le métal, la boule ſe trouve un peu applatie ; mais en meſurant ſa capacité, on la trouve la même qu'elle étoit avant l'experience : il faut donc convenir que cet applatiſſement n'eſt dû qu'à la ductilité du métal ; & que le volume de l'eau n'a point été ſenſiblement diminué ſous la preſſe.

Boyle, le Baron de Verulam, & quelques autres Phyſiciens qui ont eſſayé de comprimer l'eau dans des boëtes de métal, ont cru voir des marques de ſa compreſſibilité ; mais il y a toute apparence que ce qu'ils ont apperçû, devoit être attribué à la fléxibilité ou au reſſort du métal, ou bien à celui de quelques bulles d'air renfermées avec l'eau dans la même boëte.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

ABCD, *Fig.* 6. eſt un tube de verre


Fig. 7.
Fig. 4.
Fig. 5.
Desiné et gravé par Moreau

verre fort épais, qui a 3 lignes de diamétre intérieurement, 7 pieds de hauteur, & qui est recourbé en forme de sciphon; on y verse d'abord un peu de mercure qui remplit la courbure, & qui se met de niveau en *B C*; on emplit la partie *CD* avec de l'eau; on bouche exactement & solidement le tuyau en *D*, & l'on verse ensuite du mercure dans la branche *AB*, jusqu'à ce qu'elle soit entiérement pleine.

EFFETS.

La colonne d'eau qui est entre *CD*, oppose tant de résistance à la pression du mercure, qu'elle ne diminue pas sensiblement de volume.

EXPLICATIONS.

Nous ferons voir en traitant de l'hydrostatique, que la pression qu'exerce le mercure contre l'eau en *C*, est égale au poids de la colonne contenue dans la partie *AB* du tuyau. Or cette colonne de mercure qui a environ 6 pieds 10 pouces de hauteur, égale trois fois le poids de l'atmosphére, ce qui fait une force très-grande; & puisqu'elle ne suffit pas

pour condenser sensiblement le volume d'eau contre lequel elle agit, c'est une marque que les parties des liquides sont fort dures, & que les matiéres qui sont en cet état sont bien peu fléxibles.

APPLICATIONS.

Quoique dans les expériences que nous venons de rapporter, l'eau ne laisse appercevoir aucun signe de condensation; on n'en doit pas conclure que les liqueurs soient absolument incompressibles, mais seulement qu'elles sont capables de résister aux efforts qu'on a employés jusqu'ici contre elles. Tout nous porte à croire qu'elles céderoient enfin d'une maniére sensible, s'il étoit possible de les soumettre à de plus grandes pressions, & qu'elles cédent même à celles qu'on emploie, mais d'une quantité trop petite pour être apperçûe. Tous les corps solides se compriment, parce qu'étant poreux leurs parties peuvent se rapprocher; mais qu'est-ce qu'une liqueur, sinon un assemblage de petits corps solides que nous ne pouvons pas regarder comme des

êtres ſimples, mais plutôt comme des petites maſſes compoſées de parties qui ne ſont pas ſi étroitement unies qu'elles ne laiſſent de petits vuides entre elles. Si la poroſité rend les grands corps ſuſceptibles de condenſation, la même cauſe ne doit-elle pas avoir le même effet dans les plus petits? Tout ce qu'on peut dire, c'eſt que la compreſſibilité doit diminuer, comme la grandeur des corps; c'eſt-à-dire, que les plus petits ſont les moins fléxibles; que les parties d'une liqueur par conſéquent à cauſe de leur extrême petiteſſe ſont à l'épreuve des plus grandes forces: mais il ſuit du même principe, qu'il n'y a d'abſolument incompreſſible, que ce qui eſt abſolument ſimple; tels que ſeroient des atômes, ou les parties primordiales des corps, ſur leſquelles nos épreuves n'ont point de priſe.

Il eſt avantageux pour nous, que tout ce qui eſt liquide puiſſe réſiſter à des preſſions qui rapprochent & qui broyent les autres corps: tout ce que nous tirons des végétaux par expreſſion, le vin, le cidre, les huiles, &c. ne ſe ſépareroient jamais des

parties ſolides qui les renferment, ſi les liquides pouvoient ſe comprimer comme elles; les fruits ſoumis à la preſſe ne feroient qu'y changer de volume; la facilité que nous avons à extraire les ſucs que la nature y a préparés pour nos uſages, eſt preſque toute fondée ſur la réſiſtance que les liquides oppoſent à la compreſſion.

On ne peut s'empêcher d'être ſurpris, quand on conſidére que le même corps eſt compreſſible ou ne l'eſt pas, ſelon qu'un dégré plus ou moins de chaleur, change ſon état : un morceau de glace donne des marques de compreſſion; qu'il ſe reduiſe en eau, c'eſt toujours la même matiére, mais elle ne ſe comprime plus : la cire, le ſoufre, le métal, &c. font voir la même choſe, quand on les fait paſſer de l'état de ſolidité à celui de liquidité. Ce phénoméne eſt intéreſſant, & mérite bien une explication : malheureuſement nous n'avons à offrir qu'une conjecture, mais pourtant, une conjecture appuyée ſur des principes connus, & qui la rendent probable.

On peut dire que l'état naturel de

presque tous les corps, est d'être solides; quand ils sont liquides, c'est parce qu'une matiére étrangére les rend tels en pénétrant leur intérieur, & en donnant par sa quantité ou par son action à leurs parties une mobilité respective qui rompt toute liaison, & presque toute adhérence entre elles. C'est ainsi que de la terre abreuvée d'une quantité d'eau suffisante, devient de la boue qui coule sur un plan incliné; l'eau elle-même cesse d'être glace aussi-tôt qu'un fluide plus subtile, & connu sous le nom de *matiére du feu*, la pénétre en assez grande quantité, & y porte assez de mouvement pour détacher ses parties les unes des autres.

Si l'on demande maintenant pourquoi les corps solides peuvent se comprimer, & que les liqueurs n'ont pas la même propriété; ne peut-on pas répondre avec vraisemblance, que dans les premiers les parties portent pour ainsi dire à faux, ou ne sont appuyées que sur un fluide sans action qui céde au moindre choc; au lieu que dans les liqueurs les molécules plus divisées, & par cette raison déja

moins fléxibles, sont appuyées sur un fluide assez abondant, & dont les parties sont d'autant plus dures qu'elles sont plus simples. Si l'on avoit mis dans un vase une certaine quantité de globules d'acier ou de quelque autre matiére équivalente par la dureté, elles ne céderoient point sensiblement à la compression, soit qu'elles fussent seules, pourvû qu'elles se touchassent; soit qu'elles fussent mêlées avec d'autres plus petites qui les empêchassent de se toucher, pourvû que ces derniéres fussent elles-mêmes infléxibles. *Fig.* 8.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Sur une tablette de marbre noir bien unie, & enduite d'une très-legére couche d'huile, on laisse tomber plusieurs fois & en différens endroits de la hauteur de 2 ou 3 pieds une petite boule d'yvoire, qui peut avoir environ $\frac{3}{4}$ de pouces de diamétre. *Fig.* 7.

EFFETS.

En regardant obliquement la tablette de marbre, on apperçoit partout où la boule d'yvoire a touché, une tache ronde qui a environ deux lignes de diamétre ; & cette tache est plus grande aux endroits où la boule est tombée de plus haut.

EXPLICATIONS.

L'yvoire, quoique très-ferme, est une matiére compressible ; quand il tombe sur le marbre, le mouvement de sa pésanteur qui l'y pousse, occasionne une pression qui porte une partie plus ou moins grande de cette petite sphére vers son centre ; & comme ces parties comprimées sont de nature à se rétablir dans un instant, il ne reste aucune marque de cette compression sur la boule ; mais la tache qui paroît sur le marbre, est une preuve incontestable de cet applatissement qui a disparu ; si l'on n'aime mieux dire que le marbre s'est enfoncé, & remis aussi-tôt, ce qui prouve également la compressibilité d'un corps très dur : l'un & l'autre arrive

probablement, la même compreſſion creuſe le marbre, & applatit la boule; mais de ces deux effets, le dernier eſt ſans doute le plus conſidérable, à en juger par la nature des deux corps comprimés ; c'eſt pourquoi nous nous arrêtons par préférence au dernier; & ce que nous allons dire pour faire entendre que la tache ronde prouve inconteſtablement l'applatiſſement de la boule, en faiſant abſtraction de la fléxibilité du marbre, obligeroit de même à conclure un enfoncement dans le marbre, ſi l'on n'avoit aucun égard à la compreſſibilité de l'yvoire.

On ſçait en effet que la circonférence d'un cercle appliquée par ſa partie convexe ſur une ligne droite, ne la touche qu'en un point. *G. Fig.* 9. On ſçait auſſi que les ſurfaces ſphériques ſont compoſées de lignes circulaires, comme les plans le ſont de lignes droites, & que les ſurfaces ſe comportent entre elles à cet égard, comme les lignes qui les compoſent. Si le cercle ne touche la ligne droite qu'en un point, la boule d'yvoire de notre expérience, poſée ſimplement

ſur la tablette de marbre, ne doit la toucher auſſi qu'en un point. Quand on l'a laiſſé tomber deſſus, s'il paroît qu'elle y ait été appliquée par une ſurface circulaire de deux lignes de diamétre, il faudra néceſſairement convenir que le premier point de tangence, *g*. *Fig*. 9. a été rapproché du centre par l'effort de la compreſſion, & qu'après lui ceux d'alentour ont ſouffert le même déplacement ; ce qui a donné lieu à une portion ſenſible de la ſurface, d'être appliquée au marbre, & d'y laiſſer ſon impreſſion ſur la couche légére d'huile dont il eſt enduit.

APPLICATIONS.

Si l'on comprime un corps également dans toute l'étendue de ſa ſurface, au cas qu'il ſoit compreſſible, il ne s'en peut ſuivre qu'une diminution de volume ; parce que tous les points oppoſés obéiſſent à des puiſſances égales, & leurs ſituations reſpectives reſtent les mêmes. Tel eſt l'état des animaux qui vivent dans l'air ou dans l'eau ; environnés de toutes parts de l'un de ces deux fluides, ils n'en remarquent point la preſſion, quoiqu'el-

le ſoit conſidérable ; parce qu'elle ſe fait équilibre à elle-même, & qu'elle ne déplace rien de ce qui lui eſt ſoumis ; mais ſi la compreſſion devient plus forte d'un côté que de l'autre, ſon effet ne ſe borne plus à diminuer le volume ; la figure change auſſi, comme il eſt aiſé de l'appercevoir dans une balle de plomb qui tombe ſur quelque choſe de dur, &qui y perd une partie de ſa ſphéricité ; ou dans une balle de jeu de paume qui laiſſe ſouvent contre la muraille, des veſtiges bien remarquables de ſon applatiſſement.

De l'Elaſticité ou reſſort des Corps.

De tous les corps qui ſe compriment, les uns demeurent dans l'état que la compreſſion leur a fait prendre ; c'eſt-à-dire, qu'ayant changé ou de grandeur, ou de figure, ils perſévérent dans ce changement, lorſque la compreſſion vient à ceſſer ; comme la balle de plomb qui reſte applatie après ſa chûte, & la pelotte de neige qui demeure dans la forme qu'on lui a donnée avec les deux mains. Les autres au contraire ſe rétabliſſent, &

reprennent, après avoir été comprimés, les mêmes dimenſions & la même figure qu'ils avoient avant que de l'être. Telle eſt la bille d'yvoire de l'expérience précédente; telle eſt une bulle d'air, qui partant du fond d'un vaſe plein d'eau devient plus groſſe à meſure qu'elle s'éléve vers la ſurface.

Les corps de la derniére eſpéce ſe nomment des corps à *reſſort*, ou *Elaſtiques;* car l'*Elaſticité* n'eſt autre choſe que l'effort par lequel certains corps comprimés tendent à ſe rétablir dans leur premier état. Cette propriété ſuppoſe donc qu'ils ſoient compreſſibles; & comme les liqueurs ne le ſont pas d'une maniere ſenſible, on doit conclure que ſi elles ont du reſſort, leur réaction a trop peu d'étendue pour être viſible.

Tous les corps même qui ſont élaſtiques, ne le ſont pas au même degré; il y en a tels qui ne ſe rétabliſſent preſque point, & alors l'élaſticité eſt regardée comme nulle dans l'uſage; & l'on appelle ces ſortes de corps *mols*, ce qui veut dire ſeulement une privation de reſſort aſſez actif pour être conſidérée.

Ceux en qui la force élaſtique ſe fait appercevoir, réagiſſent plus ou moins ſelon la dureté, la roideur, ou la diſpoſition de leurs parties internes; mais il n'en eſt aucun dont on puiſſe aſſûrer avec des preuves poſitives, que le reſſort eſt parfait & inaltérable; on remarque preſque toujours que cette qualité ſe perd ou s'affoiblit par un long exercice, ou par une compreſſion de trop longue durée: un arc qui eſt trop long-tems ou trop ſouvent tendu, garde enfin la courbure qu'on lui a fait prendre: le crin, la laine, ou la plume dont on garnit les meubles, perdent par ſucceſſion de tems preſque tout ce qu'ils offrent de commode dans la nouveauté, & leur affaiſſement n'eſt que la ſuite néceſſaire d'un reſſort uſé.

Nous ne pouvons donc point nous promettre des expériences rigoureuſement exactes pour établir la théorie du reſſort; puiſque les corps qui en ont le plus, n'en ont point encore autant qu'il leur en faudroit pour être parfaitement élaſtiques. De plus on ne peut opérer que dans quelque milieu matériel: quand on choiſiroit l'air

comme celui qui l'eſt le moins; nous avons déja fait voir qu'il eſt capable de réſiſtance, & l'on doit s'attendre qu'il fera diſparoître une partie de l'effet, ſi petite qu'elle ſoit: mais les à-peu-près ſuffiſent, quand il ne manque preſque rien à l'exactitude, & qu'on eſt obligé de rabatre quelque choſe pour les empêchemens inévitables. L'acier trempé & l'yvoire m'ont paru aſſez propres aux effets par leſquels on peut prouver ce qu'il importe le plus de ſçavoir touchant l'élaſticité; c'eſt pourquoi je m'en ſervirai préférablement à toute autre matiere dans les expériences de ce genre; maiscomme celles dont j'ai fait choix, exigent quelques connoiſſances des principales propriétés du mouvement dont nous n'avons encore rien dit, j'ai cru qu'il étoit à propos de les différer, d'autant plus qu'elles trouveront une place convenable parmi celles que nous employerons pour faire connoître les loix du mouvement dans le choc des corps.

Les arts ont appliqué les reſſorts à tant d'uſages, que ce ſeroit une longue & inutile entrepriſe d'en faire ici

l'énumération ; il nous ſuffira d'en citer deux ou trois exemples, par leſquels on pourra juger de l'utilité des autres.

S'il eſt utile & commode de voyager à ſon aiſe, on doit preſque tout cet avantage aux lames d'acier, aux bandes de cuir & aux autres corps élaſtiques ſur leſquels on ſuſpend les voitures : ſans cette précaution, la plus belle chaiſe de poſte, le caroſſe le plus ſomptueux, ne ſeroit qu'un tombereau couvert & orné, dans lequel on ſeroit durement ſecoué ; car ſi tout ce qui compoſe la voiture étoit également infléxible, les divers mouvemens cauſés & bruſquement interrompus par les inégalités du terrain, ſe communiqueroient dans toute leur force juſques aux perſonnes qui en occuperoient l'intérieur.

La meſure du tems eſt une choſe ſi intéreſſante pour tout le monde, qu'il eſt peu de perſonnes qui n'ayent une pendule ou une montre, & qui ne la regardent comme un meuble néceſſaire ; ces ſortes d'inſtrumens qu'on doit conſidérer comme des chefs d'œuvres de l'art, ſont animés par un reſſort,

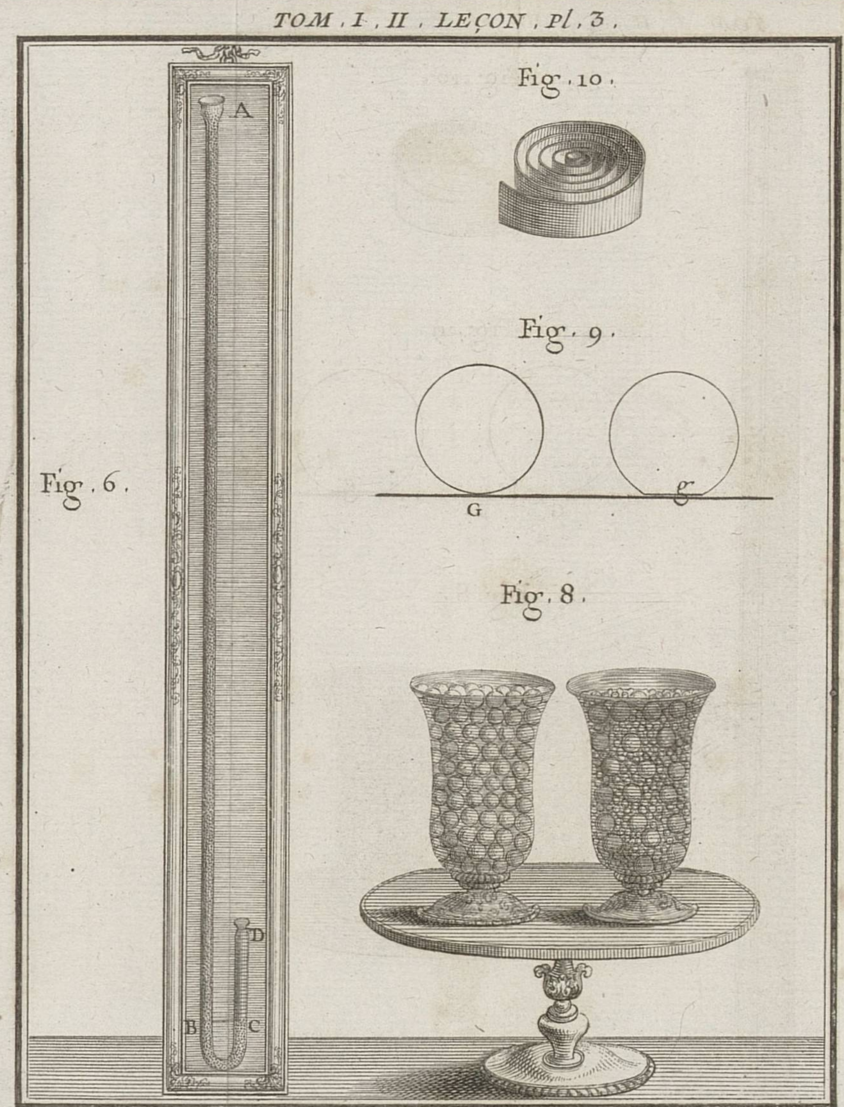
(*Fig.* 10.) formé d'une lame d'acier roulée ſur elle-même dans un barillet qu'elle fait tourner en ſe dévelopant, & dont le mouvement ſe communique par des roues dentées juſques aux pivots qui portent les aiguilles pour leur faire indiquer les heures & les minutes ſur un cadran diviſé à cette intention. Nous dirons ailleurs comment on eſt parvenu à rendre l'action du reſſort preſqu'égale pendant tout le tems qu'il ſe dévelope ; car une difficulté qui ſe préſente d'abord, c'eſt que cette action diminuant toujours à proportion que le reſſort ſe détend, le mouvement doit auſſi ſe rallentir dans toutes les piéces qu'il anime, & les aiguilles doivent faire les heures & les minutes plus longues vers la fin qu'au commencement. Il a donc fallu trouver un remméde à cet inconvénient, & l'on en eſt venu à bout par une invention fort ingénieuſe dont nous aurons occaſion de parler en traitant de la théorie du lévier & des machines qui y ont rapport.

De quels ſecours ne ſont point les reſſorts dans l'Arquebuſerie? par quel autre moyen auroit-on pu opérer des

mouvemens auſſi prompts, & auſſi difficiles à être apperçûs par un oiſeau ou par un quadrupede que la nature a mis en garde contre tout ce qui menace ſa vie, & qui oppoſe aux ruſes & à l'adreſſe du Chaſſeur le mieux exercé des organes d'un ſentiment exquis, & une agilité qui trompe ſouvent ſes pourſuites. Le chien d'un fuſil conduit par un reſſort porte en un clin d'œil un caillou tranchant contre une petite piéce d'acier trempé; le feu prend à la poudre, & le plomb qu'elle chaſſe, frappe l'animal avant qu'il ait été averti par la flamme ou par le bruit, ou du moins avant qu'il ait pu profiter de cet avis.

Non-ſeulement les arts ont profité de l'élaſticité des corps, & en ont fait des applications heureuſes; ils ont encore trouvé des moyens pour la faire naître ou pour l'augmenter dans ceux qui n'en ont que peu ou point.

Tous les corps ſonores, comme nous le dirons plus amplement à la ſuite des expériences ſur l'air, doivent être à reſſort; c'eſt pour cette raiſon qu'on fait les cloches & les timbres


Fig. 10.
Fig. 9.
G
g
Fig. 6.
A
D
B
C
Fig. 8.
Brunet. fecit

bres avec du cuivre & de l'étain fondus ensemble ; parce qu'on a remarqué qu'un métal mêlé est plus dur, plus roide, & plus élastique, que les métaux simples dont il est composé.

La plûpart des métaux même sans être alliés, deviennent capables d'une plus grande réaction quand on les bat à froid ; ce que les ouvriers appellent *écrouir*. On s'en apperçoit bien par la vaisselle : quand une cuilliére ou une fourchette a été seulement fondue & limée, & qu'elle ne doit rien au marteau; la façon en est moins chere, mais elle est moins durable; la piéce se fausse au moindre effort, & son poli n'est jamais si beau. Un ouvrier intelligent en horlogerie, en instrumens de mathématiques, en orfévrerie, &c. ne manque jamais à écrouir ses ouvrages, non-seulement pour leur procurer plus de solidité, mais encore pour les faire valoir par un poli plus brillant, en rapprochant les parties, & en rendant les pores du métal plus serrés.

Mais de tous les corps dont on augmente artificiellement le ressort, il

n'en eſt point de plus remarquable que le fer converti en acier ; & parmi les différens procédés qu'on emploie à cet effet ſur ce métal, rien n'eſt comparable à la *trempe*.

Il faut ſçavoir 1°. que l'acier n'eſt point un métal particulier ; on doit le regarder comme un fer préparé, quoiqu'il ſe trouve des mines qui en fourniſſent immédiatement : le plus ordinaire & le plus fin, eſt celui qu'on fait avec du fer forgé, en y introduiſant une certaine doſe de parties ſalines & ſulfureuſes qui augmentent ſa dureté, & qui le rendent propre à être trempé. 2°. Tremper l'acier, c'eſt le refroidir ſubitement dans le moment qu'on le ſort bien rouge du feu ; & cela ſe fait d'ordinaire en le plongeant dans de l'eau froide, ou dans quelque choſe d'équivalent.

Les principaux effets de la trempe ſur l'acier, ceux dont les arts tirent le plus d'avantage, ſont de le rendre très-dur, d'augmenter ſon élaſticité, & de la rendre durable. Tous les outils tranchans, juſqu'à ceux qu'on emploie pour cultiver la terre, en un mot depuis la lancette juſqu'à la bê-

che, tous ſont redevables de leur principal mérite à cette dureté qui coute ſi peu, & qui ſeroit déſavantageuſe par excès, ſi l'on n'avoit ſoin de la modérer par un dégré de chaleur qu'on fait ſuccéder à la trempe, & qu'on nomme *recuit*.

Les effets admirables de la trempe ſur l'acier, ont intéreſſé avec raiſon la curioſité des plus habiles Phyſiciens ; tous ont déſiré d'en ſçavoir les cauſes, & quelques-uns en ont hazardé des explications ; mais on doit convenir que perſonne n'en a donné d'auſſi vrai-ſemblables, & d'auſſi-bien appuyées, que M. de Reaumur. Après une ſuite d'expériences de pluſieurs années ſur cette matiére, il ſuppoſe que l'action du feu chaſſe de l'intérieur des molécules de l'acier une grande partie des ſels & des ſoufres qui s'y trouvent diſſeminés, ſans pour cela les faire ſortir de la maſſe totale : ſuppoſition fondée ſur les effets ordinaires & connus du feu, & ſur l'expérience ; car on ſçait d'ailleurs que dans la fuſion des matiéres hétérogénes & fixes, le feu procure toujours l'union

des parties ſemblables; & quand ſon action augmente juſqu'à un certain point ſur l'acier, elle le dépouille de ſes ſoufres & de ſes ſels, ce que les ouvriers appellent *brûler*. La trempe ſaiſit donc l'acier dans un tems où ſes principes, quoique les mêmes, ſe trouvent différemment mêlés; avant que de le chauffer, les parties ſalines, ſulfureuſes, métalliques, &c. extrêmement diviſées & intimement mêlées, compoſoient un tout d'une tiſſure plus uniforme, mais cependant plus hétérogéne dans ſes molécules, puiſque chacune participoit également des trois ou quatre ſortes de matiéres qui entrent dans la compoſition de l'acier; mais après un dégré de feu ſuffiſant, les ſels & les ſoufres extraits & pelotonnés, pour ainſi dire, à part du métallique, font un tout plus homogéne dans ſes molécules, mais plus poreux & moins lié, quant à l'aſſemblage de ces petits pelottons de différentes eſpéces. Cette hypothéſe (ſi c'en eſt une) explique fort heureuſement tous les phénoménes qui réſultent de la trempe.

1°. L'acier caſſé paroît d'un grain

plus groſſier après avoir été trempé, parce que les parties métalliques qui ſont les plus apparentes par leur couleur, ſont ramaſſées en petites maſſes plus écartées les unes des autres.

2°. La trempe donne plus de volume à l'acier qu'il n'en avoit avant ; & cela doit être, puiſqu'elle le fixe dans un état où le mélange & l'union de ſes principes eſt moindre.

3°. L'acier durcit à la trempe, parce que ſes molécules ſe forment de parties plus ſemblables, & par cette raiſon plus capables de s'unir.

4°. L'acier trempé ſe caſſe plutôt que celui qui ne l'eſt pas, ou qui l'eſt moins ; c'eſt que la liaiſon de ſes molécules entre elles eſt moindre, puiſqu'elles ſont de matiéres diſſemblables, & qu'elles ſe touchent par moins de ſurface.

5°. Enfin le recuit rend l'acier trempé moins caſſant & plus fléxible ; parce qu'un dégré de feu modéré, fait renaître en partie le mélange intime des parties diſſemblables, & qu'il lui fait prendre un état moyen entre celui d'un acier non-trempé, & celui d'une trempe exceſſive.

Quoique nous ayons des procédés certains pour augmenter, diminuer, anéantir même le reſſort de pluſieurs corps, nous n'en connoiſſons pas mieux la cauſe de l'élaſticité en général : tout ce qu'on a imaginé juſqu'à préſent pour en rendre raiſon, ne peut paſſer tout au plus que pour des conjectures dont les unes ſont viſiblement démenties par l'expérience, les autres ſuppoſent ce qui eſt en queſtion, d'autres enfin plus ingénieuſes que probables, n'ont aucuns faits qui parlent pour elles.

Dire qu'un reſſort que l'on tend en le courbant, a les pores plus ouverts en ſa partie convéxe, cela eſt vrai ; que les pores quoique plus ouverts, ne le ſont point aſſez pour ſe remplir d'air groſſier, & qu'ils en reſtent vuides, cela paroît encore vraiſemblable : mais ajouter, qu'en conſéquence de ces petits vuides la preſſion de l'air qui agit par le côté oppoſé, eſt la cauſe de l'effort qu'on voit faire au corps élaſtique, pour ſe remettre dans ſon premier état ; c'eſt ce que la raiſon ne dit point, & ce que l'expérience dément formellement ;

car l'élasticité dans un lieu privé d'air grossier, fait ses fonctions comme ailleurs.

J'appelle supposer ce qui est en question, que d'attribuer le ressort des corps à l'air qu'ils contiennent entre leurs parties, comme autant de petits ballons qui se trouvent comprimés dans la partie concave d'un bâton que l'on courbe, & qui réagissent jusqu'à ce qu'il soit redressé ; car il restera toujours à sçavoir quelle est la cause du ressort de l'air.

Enfin si l'on suppose avec le changement de figure qui se fait dans les pores d'un ressort tendu, l'action d'un fluide qui se trouve par-tout, comme la matiére subtile, ou quelque chose de semblable qui agisse par son poids; on pourra former une explication qui aura quelque vraisemblance : mais je doute fort qu'elle soit bien reçue, si elle n'est appuyée sur des faits ; & je ne vois pas qu'il soit facile d'en trouver qui parlent clairement.

Ce que nous avons dit dans la leçon précédente & dans celle-ci, touchant la divisibilité des corps, la subtilité de leurs parties, la variété de

leurs figures, leur impénétrabilité & leur porosité, nous engage & nous met à portée d'expliquer en général de quelle maniére nous acquerons la connoissance des objets qui nous environnent: car tout ce qui est hors de nous-mêmes nous seroit inconnu, s'il ne faisoit sur nous quelque impression sensible; & cette impression qui prend tant de formes différentes, nous la devons presque entiérement à la petitesse extrême des parties qui nous touchent, & aux différentes figures qu'elles affectent: tout ce qui est matériel s'adresse à nos sens, & nous jugeons d'après leur rapport.

Digression sur les Sens.

ON appelle *Sens* certaines facultés du corps animé, par lesquelles il entre en commerce avec les objets extérieurs: ce sont autant de moyens que le Créateur a établis pour mettre les animaux en état de se nourrir, de se défendre, de s'entraider, & de se reproduire; car sans les sens, à peine différeroient-ils d'une plante qui végéte dans la même place où la nature

ture l'a fait naître, qui séche sur pied quand la nourriture ne lui vient plus, & qui souffre avec une égale insensibilité la béche qui la cultive, & le fer qui la fait périr.

L'exercice des sens est une fonction purement animale; elle convient aux bêtes comme à l'homme : il semble même qu'à cet égard, plusieurs espéces d'entre elles aient été mieux traitées que nous; quelle finesse dans l'odorat des chiens! quelle portée de vûe dans les oiseaux de proye!

On distingue communément cinq sortes de sens; le *toucher*, l'*odorat*, le *goût*, l'*ouie*, & la *vûe*. Il est peu d'animaux en qui l'on n'en compte autant: il y a peut-être dans la nature des espéces qui ont quelque autre sens que nous ne connoissons pas; mais il en est de ceci comme de toutes les choses qui ne sont point impossibles, on ne doit pas les admettre sans nécessité & sans preuves. Chaque sens a son siége particulier dans quelque partie du corps, qui à cet égard, se nomme son *organe*; l'oreille, est celui de l'ouie; l'œil, est celui de la vûe.

Quoique tout organe ſoit ſenſible, il ne l'eſt pourtant pas pour toutes ſortes d'objets, chacun a ſon diſtrict particulier; l'oreille ſe dirigeroit envain vers la lumiére, & la vûe la plus perçante n'apperçoit pas le ſon des cloches. Quand bien même l'objet ſeroit de la compétence de l'organe qu'il affecte, la ſenſation naturelle n'a lieu qu'autant que l'impreſſion n'eſt ni trop forte ni trop foible. On ne diſtingueroit point l'image du ſoleil, ſi l'on recevoit immédiatement ſes rayons dans les yeux; & peu de perſonnes pourroient lire une écriture de petit caractére à la clarté des étoiles.

Qu'eſt-ce donc que *ſentir* ou faire uſage de ſes ſens? de la part du corps animé, c'eſt recevoir ſur tel ou tel organe l'impreſſion modérée d'un objet qui le touche ou par lui-même, ou par quelque matiére intermédiaire: de la part de l'ame qui anime le corps, c'eſt ſe retracer les idées qu'elle a attachées à ces impreſſions, ou s'en former de nouvelles ſi les impreſſions ſont neuves. Un homme, par exemple, jette la vûe en plein jour

fur un chien ; la lumiére qui éclaire le corps de cet animal rejaillit jusqu'au Spectateur , & frappe dans le fond de son oeil une place terminée comme la figure de l'animal qui la réfléchit ; à cette occasion l'ame se rappelle l'idée d'un chien qui lui est familiére , & si la mémoire lui fournit l'idée de quelqu'autre chien, elle juge que celui-ci est grand, petit, maigre , gras, &c. par la comparaison qu'elle en fait. De sçavoir maintenant comment l'organe affecté par l'objet détermine l'esprit à penser en conséquence, c'est ce que la Physique n'apprend point , & c'est , je crois, ce qui surpasse la portée de nos foibles lumiéres ; l'union de l'ame avec le corps , le commerce de ces deux êtres de natures si différentes , est un de ces mystéres qu'il est peut-être plus sage d'admirer que d'étudier.

Mais comme un homme voit un chien , un chien voit un homme ; & ses actions , comme les nôtres , semblent se régler sur ce qu'il voit , sur ce qu'il entend , &c. Que se passe-t-il donc dans cet animal , lorsqu'un objet affecte quelqu'un de ses sens ?

c'eſt encore une de ces queſtions épineuſes, où la curioſité échoue, & ſur leſquelles les génies les plus heureux ont épuiſé toute leur Philoſophie. Selon la doctrine de Deſcartes, une bête n'eſt autre choſe qu'une belle machine dont toutes les piéces ſont ſi bien aſſorties, & ordonnées avec une correſpondance ſi parfaite, qu'une d'entre elles étant remuée par l'objet extérieur qui a priſe ſur elle, détermine immédiatement les autres à ſe mouvoir, de telle ou telle maniére ; les nerfs de chaque organe ayant été touchés comme il convient, tranſmettent aux membres les différens mouvemens d'où réſulte telle ou telle action. Cette penſée eſt grande, elle eſt hardie, elle eſt même ſéduiſante quand on la médite ſans préjugé ; mais c'eſt l'affoiblir que de fonder ſa vraiſemblance ſur des exemples ou ſur des ſimilitudes. Celui de tous les êtres animés qui nous paroît le plus imbécile, une huître, un limaçon eſt ſans comparaiſon au-deſſus de la montre la plus parfaite, & de tout ce que l'art a pu produire de plus ingénieux. Le commun des

hommes ne consentira jamais à regarder les actions d'un cheval, d'un chien de chasse, &c. comme les effets d'un méchanisme purement matériel ; pour goûter cette Philosophie, il faut être un peu Philosophe.

On aimera mieux croire sans doute, que le corps d'une bête est animé & conduit par un être intelligent qui commence & périt avec lui, & qui est le principe de toutes ces pensées, & de tous ces jugemens dont on croit voir des signes dans les diverses actions des animaux. Ce sentiment qui n'est contraire ni à la raison, ni aux dogmes de la foi, a trouvé & trouve encore aujourd'hui des défenseurs, non-seulement dans le vulgaire qui juge sur les apparences, mais même parmi ceux qui méditent, & qui n'admettent les opinions qu'après les avoir discutées.

Mais il ne faut pas croire qu'en prenant ce parti on se mette au-dessus de toute difficulté. Quand on considére la docilité d'un animal domestique, les ruses & l'adresse de certaines bêtes voraces, le bon ordre & l'industrie qui regnent dans quelques

eſpéces d'inſectes qui vivent & travaillent en ſociété, il eſt bien commode d'en rendre raiſon, en diſant, *c'eſt que tous ces animaux ſont intelligens; l'Auteur de la nature les a rendus tels en renfermant dans leurs corps une ame d'une eſpéce convenable à leur condition.* Mais cette ame, ſi elle eſt immatérielle comme on le prétend, que devient-elle, lorſqu'un ver ayant été coupé en cinq ou ſix parties, & même davantage, chaque morceau continue de vivre & redevient un animal complet, & tout-à-fait ſemblable à celui qu'on a diviſé? comme on l'a obſervé depuis peu: * y avoit-il donc pluſieurs ames dans le même individu, ou bien ce qui n'eſt point matiére eſt-il diviſible? Ne pouſſons pas plus loin cette queſtion dans un ouvrage où nous nous ſommes interdit toute diſcuſſion métaphyſique; attachons-nous ſeulement à ce qui peut être éclairci & prouvé par l'expérience & par les obſervations. Quant à la matiére préſente, bornons-nous à faire connoître le méchaniſme de nos ſenſations; conduiſons l'objet extérieur ou ſon

* *Hiſt. des Inſectes de M. de Reaumur, tom 6. dans la préface, p. 54.*

action jusqu'à la partie du corps destinée à recevoir son impression ; & voyons quelles sont les conditions nécessaires dans l'objet pour être activement sensible, & dans l'organe pour être affecté efficacement.

Le Toucher.

Le premier & le plus général de tous les sens, c'est le *toucher* ; on peut dire que tous les autres ne sont que des espéces dont il est le genre. Quand nous entendons le son de la voix ou de quelque instrument, cette sensation n'est autre chose qu'un ébranlement causé à une certaine partie de l'oreille par le contact de l'air, qui est lui-même agité par le corps sonore. Quand nous voyons quelque objet, c'est que la lumiére qui vient de lui à nous, frappe le fond de l'oeil. Ainsi, *goûter*, *voir*, *entendre*, *sentir les odeurs* ; c'est à proprement parler, être touché en telle ou telle partie du corps par une certaine matiére : au lieu que le toucher que nous regardons comme le premier sens consiste à recevoir sur telle partie sensible du corps que ce puisse

être, l'impreſſion d'une matiére quelconque ; les autres ſens ont des organes & des objets qui leur ſont propres, celui-ci occupe toute l'habitude du corps animé, & s'étend à tout ce qui eſt palpable. Il a encore cet avantage ſur eux, d'être en mêmetems actif & paſſif ; non-ſeulement il nous met en état de juger de ce qui fait impreſſion ſur nous ; mais encore de ce qui réſiſte à nos impulſions: nous pouvons appliquer l'organe à l'objet, & c'eſt par le tact que nous nous aſſurons le plus ſouvent de l'état des corps qu'il nous importe de connoître.

Les corps que nous touchons ou qui nous touchent, font ſur nous des impreſſions différentes, ſelon leur grandeur, leur figure, leur conſiſtance, le dégré ou l'eſpéce de leur mouvement, leur température, &c. & l'on a donné à toutes ces différentes maniéres de toucher, des noms qui expriment ou l'action des corps ſur nous, ou notre action ſur eux: *heurter*, *piquer*, *pincer*, *grater*, *chatouiller*, ſont autant d'expreſſions qui déſignent ce que différens corps nous font ſen-

tir en conféquence de leur maffe, de leur forme, ou de leur maniére de fe mouvoir : *froid*, *chaud*, *dur*, *mol*, *fec*, *mouillé*, dénotent d'ordinaire le fentiment qu'excite en nous une matiére que nous tâtons, par l'état actuel des parties qui compofent fa maffe. Comme les fenfations du toucher peuvent varier à l'infini, par la variété même de l'objet, par l'étendue & la difpofition de l'organe, & par les différentes maniéres dont l'un eft applicable à l'autre ; il s'en faut bien qu'elles foient toutes caracterifées par des noms propres : ceux que nous venons de rapporter & plufieurs autres que nous obmettons, ne font, pour ainfi dire, que des termes génériques par lefquels on fait connoître à l'aide de quelque circonlocution les différentes efpéces qui peuvent s'y rapporter ; on défigne, par exemple, par *chatouillement*, ce que l'on fent dans la gorge lorfqu'une légére acreté excite la toux ; on dit qu'un reméde *pince*, pour faire entendre qu'il laiffe des impreffions fur les parties qu'il affecte.

Quoique l'objet du toucher foit

pour l'ordinaire hors de nous-mêmes, les différentes parties du même corps ne laissent pas que d'agir réciproquement les unes sur les autres, tant au dehors qu'au dedans. Quand la main touche le pied, elle fait naître deux sensations ; elle est en même-tems l'objet de l'une, & l'organe de l'autre. Pour ce qui se passe à l'intérieur & sans interruption, l'habitude nous en dérobe le sentiment ; l'action des fluides sur les solides, par exemple, ne devient sensible que quand elle apporte quelque changement à l'état naturel ; & alors nous éprouvons ce qu'on nomme *langueur*, *foiblesse*, ou *douleur*.

On peut dire en général que les nerfs sont dans chaque organe, la partie la plus essentielle, celle où l'action de l'objet se termine, & après laquelle nous n'appercevons plus rien de méchanique : le fond de l'œil où s'accomplit la vision, n'est qu'une expansion du nerf optique ; la lame spirale du *limaçon* qu'on regarde comme la piéce qui a le plus de part aux fonctions de l'oreille, est un composé de fibres nerveuses ; & l'organe

du toucher ſe trouve dans toute l'étendue de la peau, & ſur-tout à la ſurface extérieure où l'on ſçait qu'aboutiſſent tous les petits nerfs qui forment la plus grande partie de ce tiſſu. Ce ſont ces petits mammelons dont l'arrangement forme des ſillons vers l'extrémité des doigts, où le tact eſt ordinairement plus fin qu'ailleurs. Un habile Anatomiſte * a donné depuis peu une deſcription très-conciſe & très-intelligible de la peau, dans un ouvrage écrit *ex profeſſo* ſur les ſens, & dont je crois la lecture très-utile à ceux qui voudront ſur la matiére préſente des inſtructions plus détaillées que celles qui peuvent être placées ici.

* *M. le Cat, Traité des Sens. p. 207.*

Ce qui prouve inconteſtablement que les nerfs ont plus de part au toucher qu'aucune autre partie, c'eſt que ce ſens exerce ſes fonctions plus ou moins parfaitement ſelon l'état actuel de ces petites houpes nerveuſes qu'on apperçoit à la ſuperficie de la peau, & qui ne ſont couvertes que par l'épiderme : * qu'une brûlure les déſſeche, qu'une matiére étrangére les couvre, qu'un trop-grand froid les

* *Fig. 11.*

contracte, ou les empêche de s'épanouir ; la partie où ils sont, perd le sentiment, & ne le reprend que quand ces accidens cessent. Les maladies des nerfs qui ne vont pas jusqu'à détruire leur œconomie, sont aussi les plus aiguës, parce qu'elles attaquent immédiatement l'organe des sensations ; l'engourdissement & la paralysie qui suspendent ou qui arrêtent leurs fonctions, causent pour l'ordinaire l'insensibilité.

Des accidens, des maladies, la vieillesse nous privent souvent des autres sens. On voit assez fréquemment des aveugles, des sourds, des gens même en qui le goût & l'odorat sont presqu'entiérement usés : mais il est fort rare de trouver un homme universellement insensible ; on en apperçoit bien-tôt la raison, dès que l'on considére par combien d'endroits nous pouvons sentir les objets extérieurs comme résistans, en comparaison des parties organiques qui nous les représentent comme sonores, colorés, savoureux, ou odorans. L'étendue du toucher est donc une ressource que la nature a ménagée à

ceux qui par quelque accident ou par vice de conformation, ſe trouveroient privés des autres facultés. Auſſi voyons-nous des aveugles ſuppléer par le tact à l'uſage des yeux; & quoique le toucher ne ſoit pas à beaucoup près auſſi délicat que les autres ſens, lorſqu'il eſt employé par néceſſité, & perfectionné par l'habitude, il fait preſque des prodiges. Je ne voudrois pourtant pas garantir tous ceux que l'on raconte à cette occaſion, car tout ce qui tient du merveilleux, ne va guéres ſans exagération.

Le Goût.

COMME l'accroiſſement & l'entretien des animaux dépend de la nourriture qu'ils prennent, & du choix qu'ils en font, il étoit à propos que la nature les conformât de maniére à déſirer d'eux-mêmes les alimens néceſſaires, & à diſtinguer ceux qui leur conviennent : il falloit qu'ils ſentiſſent le beſoin de manger, & qu'ils euſſent du plaiſir à le ſatisfaire ; car ſans cette précaution le ſoin de vivre eût été à charge. Jugeons-en par nous-mêmes : s'il n'étoit queſtion

que de remplir un devoir lorſqu'on ſe met à table, il faut convenir que les indigeſtions ne ſeroient pas communes, & qu'on verroit peut-être bien des gens périr d'inanition. L'Auteur de la nature a prévu ce déſordre, & pour le prévenir, il a mis en nous-mêmes, des motifs plus puiſſans que notre pareſſe. L'eſtomac à jeun nous ſollicite par la faim & par la ſoif; & la bouche qui fournit à ces deux appétits ſe dédommage par les ſaveurs qu'elle goûte, de la peine qu'elle prend de préparer les alimens pour la digeſtion.

Le goût conſiſte donc à ſentir l'impreſſion des matiéres ſavoureuſes, à les admettre ou à les rejetter, ſuivant les idées qu'elles font naître, & les jugemens qui s'enſuivent.

Les ſaveurs, objet du goût en général, viennent principalement des parties ſalines qui ſe trouvent dans toutes les matiéres tant animales que végétales, que l'on prend ou comme alimens, ou comme remédes. Ces petits corps anguleux & tranchans, ſont plus propres que d'autres à pénétrer juſqu'à l'organe immédiat,

& à s'y faire ſentir. On peut en juger en mettant ſur la langue quelque grain de ſel pur, de quelque nature qu'il ſoit, il y fait une impreſſion très - forte; & l'analiſe fait voir que de tous les mixtes ceux qui affectent le plus l'organe, ſont les plus abondans en ſels.

On ne connoît qu'un très - petit nombre de ſels qui différent eſſentiellement, ou dont les parties diviſées par l'eau, ſe montrent ſous des figures conſtamment différentes. Delà il ſuit que les ſenſations du goût ſeroient peu variées, ſi les particules ſalines que les alimens contiennent agiſſoient ſeules, & ſans mélange ſur l'organe: mais la nature les a mêlées avec d'autres principes qui ne ſont point ſavoureux par euxmêmes, qui n'agiſſent que comme objets du toucher en général, & dont le nombre & les doſes ſe combinent à l'infini. L'eau, la terre, l'air, le ſoufre, l'huile, ſont autant de matiéres inſipides, que la nature a fait entrer dans preſque tout ce qui ſert de nourriture aux animaux. La bouche en broyant ces alimens, fournit

une lymphe qui facilite la désunion des parties, & qui développe les principes; mais ce dissolvant n'a point autant de prise sur les uns que sur les autres : le soufre & l'huile, par exemple, ne cédent point à son action, comme la terre & l'eau ; ainsi la partie saline ne se dégage jamais qu'imparfaitement, & à proportion de la dissolubilité de ce qui lui est étroitement uni.

Les saveurs les plus simples, & sur lesquelles on est le plus généralement d'accord, sont celles où les sels sont le moins mitigés par le mélange d'autres matiéres. Tout le monde connoît ce que c'est que *salé*, *aigre*, *doux*, *amer*, *âcre*, &c. Ces différentes sensations sont si marquées, qu'on les distingue d'abord ; elles sont comme la base de toutes les autres qui deviennent d'autant plus difficiles à décider & à exprimer, qu'elles s'éloignent davantage de cette premiére simplicité. L'amer du caffé, par exemple, corrigé par la douceur du sucre, produit une sensation mixte ; le suc des fruits mêlé à l'esprit de vin, prend un nouveau goût ; celui des viandes change

change preſque entiérement, & ſe déguiſe de mille façons différentes, comme on le ſçait par un nombre infini de préparations & de mélanges dont la délicateſſe a fait un art important & très - cultivé dans notre ſiécle.

Il en eſt de l'objet du goût, comme de celui du toucher : les ſaveurs mixtes dépendant de certains principes dont l'aſſemblage eſt ſuſceptible d'une infinité de combinaiſons, il eſt impoſſible de les déſigner toutes par des noms particuliers; on les exprime en les comparant à quelque ſaveur plus ſimple, ou plus connue : on dit, *tel fruit eſt un peu âcre & amer; tel poiſſon a le goût du brochet*, &c.

Quant à l'organe du goût, tous les Anatomiſtes conviennent qu'il eſt principalement dans la langue; un grand nombre d'entre eux croient qu'il eſt dans tout l'intérieur de la bouche, & pluſieurs l'étendent juſqu'à l'éſophage, & même juſqu'à l'eſtomach. Il n'eſt guére poſſible de le borner à la langue ſeule; chacun peut reconnoître par ſa propre expé-

rience, que les matiéres ſavoureuſes ſe font ſentir, quoique plus foiblement, au palais & au fond de la bouche; mais ce qui décide la queſtion, c'eſt qu'on a vû des gens qui n'avoient point de langue, & qui goûtoient les alimens. *

* *Mém. de l'Acad. 1718. p. 6.*

C'eſt encore ici l'extrémité des fibres nerveuſes, ces mammelons dont nous avons parlé précédemment, qui ſont l'organe immédiat : mais au lieu que pour la ſenſation du toucher, ils ſont petits & recouverts par une ſurpeau aſſez unie, & d'un tiſſu un peu ſerré; dans toutes les parties de la bouche où on les obſerve, & ſurtout dans la langue, * ils ſont plus gros, moins compacts, & comme enchaſſés dans une envelope ou gaine fort poreuſe, abbreuvés d'ailleurs d'une lymphe qui entretient leur ſoupleſſe, & qui met la partie ſavoureuſe des alimens en état de les toucher comme il convient pour ſe faire ſentir : car elle la diviſe, elle la développe de maniére qu'elle lui donne le dégré de ténuité néceſſaire pour s'inſinuer par cette peau très-poreuſe qui couvre les petites houpes nerveuſes ſur leſquelles l'impreſſion doit ſe faire.

* *Fig 12.*

L'organe du goût ſe gâte & s'uſe comme les autres par un uſage immodéré de ſon objet : les ſaveurs fortes, comme les liqueurs ſpiritueuſes, & ces ragoûts étudiés ſi fort à la mode aujourd'hui, diminuent beaucoup la ſenſibilité des parties qui en ſouffrent fréquemment l'impreſſion ; l'expérience fait voir que des gens du peuple qui s'accoutument à boire de l'eau de vie, trouvent le vin inſipide, & ne s'en ſoucient plus. On ſçait au-contraire que les buveurs d'eau ont pour l'ordinaire le goût plus délicat & plus fin que d'autres. Cette boiſſon qui n'a preſque point de ſaveur, conſerve à l'organe toute ſa ſenſibilité, parce qu'elle n'eſt point capable d'en altérer la texture. La maladie ou le grand âge peuvent auſſi cauſer du déſordre dans cette partie : au commencement d'une convaleſcence, il arrive aſſez ſouvent qu'on ne trouve point de goût aux alimens, parce qu'il reſte encore quelque humeur vicieuſe qui engorge les pores par où doivent paſſer les particules ſavoureuſes ; ou parce que les accidens qui ont précédé, ont

causé quelque altération à l'organe même, qui n'est point encore revenu à son état naturel. Mais insensiblement je passe les bornes de mon dessein ; c'est à la médecine & à l'anatomie, qu'il convient d'ajouter ce qui peut manquer ici ; peut-être en ai-je déja trop dit.

L'Odorat.

L'ODORAT à qui nous donnons le troisiéme rang parmi les sens, quand on commence par ceux qui sont en apparence les plus grossiers, pourroit être placé au second, si l'on avoit égard à l'ordre que la nature observe dans leur exercice ; car ses fonctions précédent souvent celles du goût. Ce qu'on nous présente pour boire ou pour manger n'est guéres admis, s'il n'a été examiné d'abord, & approuvé par ce sens ; & les animaux qui n'ont le tact ni aussi familier, ni aussi fin que nous, décident par l'usage du nez de la qualité des alimens, sur-tout quand ils sont nouveaux pour eux, & qu'ils n'y voyent pas extérieurement de ressemblance avec ce qui leur est déja connu. Il y a

une ſi grande affinité entre le goût & l'odorat, tant par rapport à l'objet que par rapport à l'organe, que quelques Anatomiſtes ont regardé le dernier comme une partie, ou comme un ſupplément du premier : & en effet nous voyons que tout ce qui agrée à l'un, eſt naturellement ami de l'autre ; on eſt tenté de porter à la bouche les matiéres qui exhalent des odeurs agréables, à moins qu'on ne leur connoiſſe des qualités nuiſibles ; & ſi par hazard quelque aliment uſité déplaît à l'odorat, il faut que l'habitude ou quelques motifs puiſſans l'emporte ſur la répugnance qu'il ne manque pas de faire naître, ſans quoi l'on s'en interdit l'uſage ſur le ſeul témoignage du nez.

Comme l'intérieur du nez communique avec la bouche, il arrive ſouvent que les ſenſations du goût s'allient & ſe confondent, pour ainſi dire, avec celles de l'odorat : cet effet arrive quand les ſaveurs ſont ſpiritueuſes & volatiles, & de-là vient encore une variété prodigieuſe de ſenſations différentes, ſelon que l'odorat y a plus ou moins de part. Quand il y

participe un peu trop, comme son organe est plus sensible que celui du goût, celui-ci perd ses droits pendant quelques instans, & toute la sensation appartient à l'odorat. Qui est-ce qui ne sçait pas ce qu'il arrive, lorsqu'on prend une dose de moutarde trop peu mesurée, ou lorsqu'on avale à longs traits de la biére forte?

Il paroît que le principal objet de l'odorat sont les sels volatils, & que la variété des odeurs vient du mélange & de la quantité des autres principes qui leur sont unis; car les sels fixes ne sont point capables de se porter à l'organe, & tout ce qui n'est point sel dans les mixtes, quoiqu'il soit volatil, semble insipide à l'odorat comme au goût. On observe au contraire que tout ce qui facilite l'évaporation des matiéres où le sel volatil abonde; tout ce qui développe leurs principes, les rend aussi plus odorantes. Quand on cuit les viandes, l'action du feu divise les parties, les subtilise, & les met en état de s'exhaler, & alors les odeurs deviennent très-sensibles. Quand on mêle du sel ammoniac en poudre

avec de la chaux vive, ou avec du ſel de tartre, le volatil urineux ſe developpe, s'éléve, & ſe fait vivement ſentir.

Par la même raiſon la fermentation ou la putréfaction, rend preſque toujours odorantes les matiéres qui ne le ſont que peu ou point dans leur état naturel, & le plus ſouvent elle change la qualité des odeurs ; car ces mouvemens inteſtins donnent lieu aux parties de ſe déplacer & de ſe déſunir. Si cette déſunion ne va pas juſqu'à décompoſer les molécules, & changer la nature du mixte qui commence à fermenter, il devient ſeulement plus odorant, parce qu'il s'exhale en plus grande quantité ; mais ſi les principes mêmes qui compoſent les parties intégrantes viennent à ſe ſéparer, non-ſeulement l'odeur en deviendra plus forte & plus pénétrante, parce que l'organe ſera affecté par des parties plus ſubtiles ; mais la ſenſation ſera auſſi d'une autre eſpéce, parce qu'elle ſera cauſée par des corpuſcules d'une ſtructure differente, où la partie ſaline qui eſt le principal agent, ſera

plus ou moins abondante, plus ou moins développée. Un fruit qui se pourrit, la chair qui se corrompt, exhalent des odeurs de plus en plus désagréables, non-seulement parce qu'elles sont plus fortes, mais aussi parce qu'elles sont plus fétides à mesure que la corruption fait du progrès.

Les odeurs sont encore moins caractérisées que les saveurs ; à peine convient-on de quelques sensations fondamentales dans ce genre ; on se contente de rapporter les moins connues à celles qui le sont davantage, à la fumée du soufre, à celle du linge brûlé, à la vapeur de l'urine, à la violette, au citron, à l'ambre, &c. sans prétendre pour cela que ces différentes exhalaisons soient des odeurs simples.

Il faut que les corpuscules capables d'ébranler l'organe de l'odorat, soient susceptibles d'une prodigieuse divisibilité ; on en peut juger par une expérience, & par quelques observations que nous avons rapportées dans la premiére leçon, * pour prouver en général combien les corps sont divisibles. Ces petites parties exhalées

* *III. Expérience, p. 27. & suiv.*

halées flottent dans l'air, & c'eſt ce fluide qui les porte dans l'intérieur du nez où eſt l'organe, lorſque par la reſpiration nous le déterminons à prendre cette voie.

L'intérieur du nez eſt revêtu d'une membrane que les gens de l'art nomment *pituitaire* : c'eſt un tiſſu compoſé pour la plus grande partie des fibres du nerf olfactif, qui eſt communément reconnu pour être le ſujet des odeurs. Ces fibres nerveuſes aboutiſſent à la ſuperficie de la membrane en forme de petits mammelons ſur leſquels ſe fait l'impreſſion des corpuſcules odorans. * Voilà en gros l'organe de l'odorat, un plus grand détail ne conviendroit point ici : ceux qui voudront être plus amplement inſtruits, trouveront de quoi ſe ſatisfaire dans le traité de M. le Cat, que nous avons cité ci-deſſus, dans l'expoſition anatomique de M. Winſlow, &c. Nous ajouterons ſeulement que les odeurs fortes, & leur fréquent uſage, endurciſſent pour ainſi dire les petites houpes nerveuſes auſquelles elles s'appliquent, & leur font perdre ce ſentiment délicat dont

* *Fig.* 13.

jouiſſent ordinairement les perſonnes qui n'uſent point de tabac ni de parfums. On perd auſſi pour un tems l'uſage de ce ſens lorſqu'une humeur ſur-abondante ou trop épaiſſie, au lieu d'abbreuver l'organe autant qu'il convient ſeulement pour entretenir ſa ſoupleſſe & ſa ſenſibilité, engorge & gonfle toute ſa ſubſtance ; car alors non-ſeulement il n'eſt point dans ſon état naturel, & diſpoſé à bien faire ſes fonctions, mais l'air qui paſſe avec peine n'y porte pas la même quantité d'odeur : c'eſt ce qu'on éprouve, & qu'il eſt aiſé d'obſerver, lorſqu'on a cette indiſpoſition qu'on appelle *rhume de cerveau*.

Nous ne dirons rien ici de l'ouie & de la vûe, parce que nous aurons occaſion d'expliquer le méchaniſme de ces deux ſens, en traitant des ſons & de la lumiére ; il nous reſte à terminer cette digreſſion par quelques remarques qui ſe préſentent encore à faire ſur les ſens en général conſidérés dans l'homme.

1°. Quoique ſuivant l'intention de la nature, chaque individu de notre eſpéce doive faire de ſes ſens l'uſage

pour lequel ils lui ſont accordés; cependant il eſt indubitable que toutes ces facultés ne ſont point au même degré de délicateſſe dans tous les hommes. On en a vû * dont l'odorat étoit auſſi fin que celui des chiens de chaſſe ; d'autres diſtinguent les objets dans un lieu aſſez obſcur pour les dérober aux vûes ordinaires ; certains gourmets apperçoivent dans les ragoûts & dans les liqueurs , des différences qui échappent aux goûts communs. Un tel dégré de perfection dans les ſens , lorſqu'il ne s'y trouve pas aux dépens de quelque avantage plus précieux , doit être regardé comme un bienfait de la nature ; mais que la ſenſibilité de nos organes ſoit limitée , & que nos ſenſations n'ayent pas toute l'étendue qu'elles pourroient avoir , ce n'eſt point un mal, & nous aurions tort de nous en plaindre : au contraire une délicateſſe dans les ſens beaucoup plus grande qu'elle ne s'y trouve communément , nous expoſeroit à bien des incommodités , à moins qu'il ne ſe fît en même-tems une réforme dans les objets qui ont coutu-

* *Journal des Sçav. Avr. 1667. Mem. de Trevoux, Fev. 1725.*

me de les affecter, & que nous ne changeassions aussi de maniére de penser. Trop de lumiére blesse nos yeux, tels qu'ils sont; s'ils étoient plus délicats, une clarté ordinaire seroit toujours excessive, & nous ne verrions jamais sans douleur. Seroit-il agréable de voir toujours les objets comme on les voit à l'aide du microscope? La plus belle peau ne nous paroîtroit jamais qu'un tissu mal uni, ou plein de rugosités; & le plus beau diamant ne nous montreroit que des faces mal dressées, & peu simétrisées: il est aisé d'appliquer cette refléxion aux autres sens.

2°. Dans l'usage des sens, quoique l'organe soit suffisamment affecté par l'objet, il arrive souvent que la sensation n'a point son effet par rapport à l'ame. Combien de fois n'arrive-t-il pas qu'on a les yeux ouverts sur un objet éclairé, sans le voir? ou que l'on parle assez haut à quelqu'un qui n'est point sourd, & qui cependant n'entend pas ce qu'on lui dit? Tous les corps que nous touchons, ou qui nous touchent par hazard, viennent-ils pour cela à notre

connoissance ? C'est que pour connoître ce que l'on touche, il faut le tâter ; pour entendre, il faut écouter ; & pour voir, il faut regarder. Or tâter, écouter, & regarder, ce n'est pas seulement laisser agir l'objet sur l'organe, c'est joindre l'attention de l'ame à l'exercice du sens qui est en fonction. Un homme distrait se comporte souvent comme un sourd, un aveugle, un insensible : Qui ne connoît pas les effets de la distraction ?

3°. Les sensations, comme nous l'avons déja dit, font naître des idées, & ces idées sont agréables ou déplaisantes à l'ame qui les conçoit; mais ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que le même objet fait plaisir aux uns & déplaît aux autres. Quelques personnes aiment les amers, le plus grand nombre les déteste ; certaines odeurs plaisent à ceux-ci, & sont insupportables à ceux-là : & c'est ce qui a donné lieu à cette maxime, *Il ne faut pas disputer des goûts*. Il y a plus encore : ce qui me faisoit peine à sentir il y a quelques années, m'est agréable aujourd'hui. Tel qui a marqué de la répugnance en buvant de la biére, ou

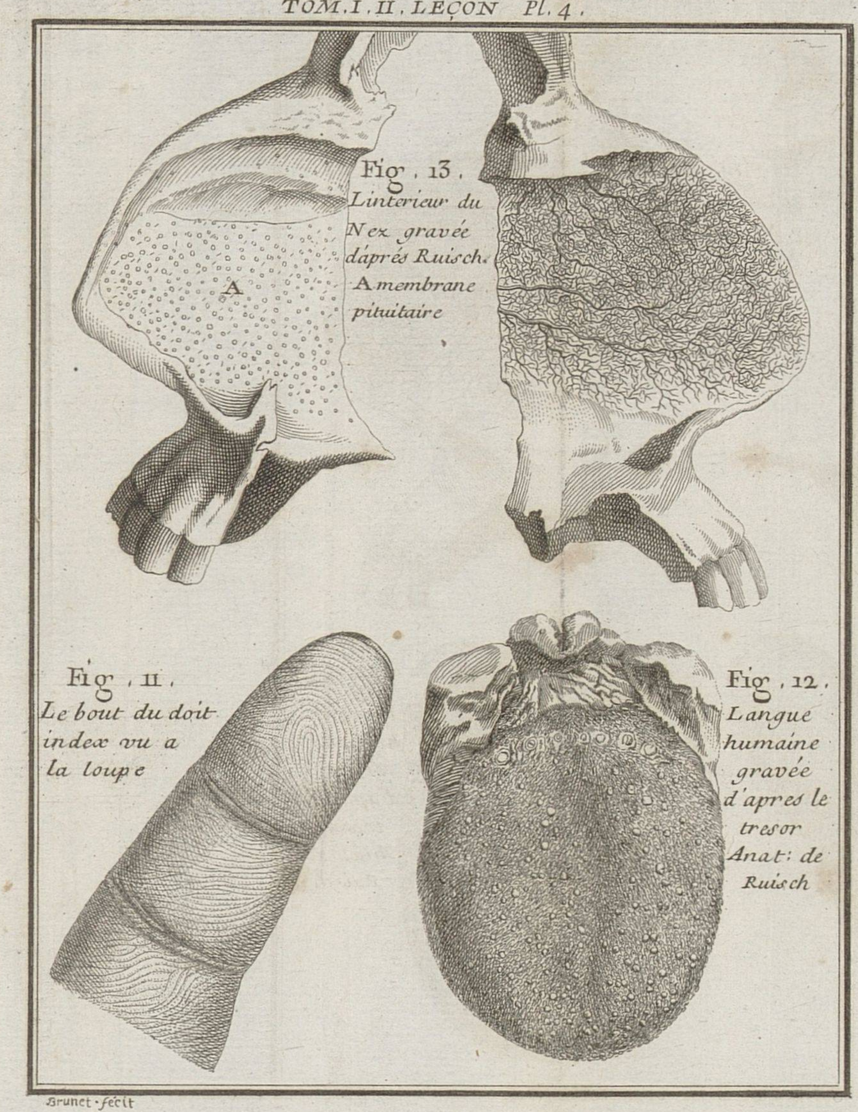
en prenant du tabac pour la premiére fois, en fait ses délices dans la suite ; l'odeur du musc qui étoit de mode autrefois, fait maintenant mal à la tête à tout le monde. Les organes ne sont-ils pas à-peu-près les mêmes dans tous les hommes ? & changent-ils d'un tems à l'autre dans le même individu ?

Puisque c'est une chose reconnue, que les parties organiques sont plus délicates, & par conséquent plus susceptibles des impressions, dans certaines personnes que dans d'autres, & qu'une action immodérée de l'objet est capable de les blesser ; il peut arriver que ce qui ne seroit qu'une sensation ordinaire pour les uns, devienne pour les autres une irritation violente, fâcheuse, & inquiétante pour l'ame qui veille à la conservation du corps, & qui désapprouve tout ce qui tend à déranger l'économie animale.

Mais il faut convenir que l'imagination a autant de part qu'aucune autre cause à toutes ces variétés. Les objets nous plaisent ou nous causent de la répugnance selon les idées que nous y attachons ; & ces idées dépen-

dent beaucoup de l'habitude, de la mode, & des préjugés. On a oui dire à des gens que l'on croit de bon goût, qu'une telle matiére en la brûlant produit une bonne odeur ; en voilà assez pour la faire aimer quand on l'éprouvera. Le rapport des yeux présente d'abord les huîtres sous des similitudes dégoutantes ; mais peu à peu ces premieres idées s'affoiblissent, & cédent à d'autres plus flatteuses qu'on a conçûes en y goûtant : ainsi comme les sensations dépendent en partie de la disposition de l'organe , les jugemens qui s'ensuivent, tiennent beaucoup aussi de celles de l'ame.




Fig. 13.
L'interieur du Nez gravée d'aprés Ruisch.
A membrane pituitaire
A
Fig. 11.
Le bout du doit index vu a la loupe
Fig. 12.
Langue humaine gravée d'apres le tresor Anat: de Ruisch
Brunet fecit

III. LEÇON.

De la Mobilité des Corps ; du Mouvement, de ses propriétés & de ses loix.

PREMIERE SECTION.

De la Mobilité des Corps.

Il ne faut point confondre la *mobilité* avec le *mouvement* ; ce sont deux choses tout-à-fait différentes. La premiére est une propriété commune à tous les corps ; l'autre est un état hors duquel on les considére souvent, & qui ne leur est point essentiel. Je me représente quelquefois telle ou telle matiére comme étant en repos ; mais je conçois toujours qu'elle peut recevoir le mouvement qu'elle n'a pas.

La mobilité est fondée sur certaines dispositions qui ne se trouvent pas au même dégré dans tous les corps ; c'est ce qui fait que les uns

ſont plus mobiles que les autres, c'eſt-à-dire, qu'il faut employer moins de force pour les faire paſſer du repos au mouvement. Les principales de ces diſpoſitions ſont la figure, le poli de la ſurface, & la quantité de matiére contenue ſous le volume d'un corps qu'on veut mouvoir.

Pour concevoir ceci facilement, repréſentons-nous d'abord deux maſſes de verre, d'yvoire, &c. d'égal poids, dont l'une ſoit un cube, & l'autre une boule, toutes deux poſées ſur une table. Ces deux corps ne différeront que par la figure, & cela ſuffira pour rendre le dernier beaucoup plus propre que le premier à recevoir & à conſerver le mouvement. Donnons-leur maintenant la même figure, & ne changeons rien à l'égalité de leurs maſſes; mais imaginons ſeulement que la ſurface de l'un eſt raboteuſe, & que celle de l'autre eſt unie: cette différence rendra celui-ci plus mobile; une moindre force le fera mouvoir ſur un plan ſolide, ou dans un fluide. Enfin ſuppoſons deux corps bien ſemblables par leur figure, & par le poli de leurs ſurfaces, mais dif-

férens par leurs quantités de matiére; une bille d'yvoire, par exemple, & une autre de plomb, de même diametre, suspendues de même, ou sur le même plan horizontal & fort droit; ne faudra-t-il pas frapper celle-ci plus fortement que l'autre, pour la mouvoir? & la même force imprimée à l'une & à l'autre, ne trouvera-t-elle pas moins de résistance dans la plus légére que dans la plus pesante?

Cette résistance au mouvement, qu'on apperçoit dans tous les corps, ayant égard seulement à leur masse, se nomme *force d'inertie* : elle est, ainsi que la pésanteur, proportionnelle à la quantité de matiére propre de chaque corps. Mais quoique ces deux forces ayent cela de commun entr'elles, on ne peut pas dire qu'elles soient la même chose; il y a des preuves du contraire : la pésanteur, comme nous le verrons dans la suite, exerce toujours son action de haut-en-bas, & autant qu'elle peut, perpendiculairement à l'horizon ; mais la force d'inertie résiste au mouvement, dans quelque sens qu'on fasse effort pour mouvoir un corps.

Pour nous faire une idée juste de l'inertie, représentons-nous l'expérience proposée par M. Newton *; imaginons un corps d'une grandeur & d'un poids déterminé, par exemple, une boule de plomb pesant une livre, suspendue librement par un fil fort long, dans un air tranquile, & une autre boule de plomb semblable, pareillement suspendue, qui va heurter la premiére avec quatre degrés de mouvement. Si la boule en repos ne faisoit aucune résistance à celle qui vient la heurter, après le choc on les verroit toutes deux se mouvoir avec quatre degrés de mouvement. Car pourquoi le mouvement diminueroit-il dans la boule qui choque, s'il n'y avoit point de résistance de la part de celle qui est choquée? & par quelle raison la boule déplacée ne le seroit-elle pas selon toute l'étendue du mouvement qui la pousse? Mais l'expérience fait voir autre chose: la boule en repos reçoit de celle qui la frappe une portion de son mouvement; & cette derniére perd dans le choc ce que l'autre paroît avoir acquis. Un corps en repos fait donc une ré-

* Fig. 1.

ſiſtance réelle à l'effort qui tend à le mouvoir. Il y a plus encore; ſi la boule en repos * péſe 30, ou 40 livres, l'autre qui n'a plus alors qu'une maſſe beaucoup moindre, avec le même effort ne la porte pas auſſi loin que dans le cas précédent; cependant ſi pour mouvoir un corps quelconque, il ne s'agiſſoit que de lui faire perdre ſon état de repos, le mouvement communiqué ſeroit le même dans une groſſe que dans une petite maſſe. Il y a donc quelque choſe de plus à vaincre, qu'une ſeule privation de mouvement. * *Fig.* 2.

Dira-t-on que la boule en repos ne réſiſte, que parce qu'elle eſt appuyée par l'air qui l'environne, & qu'il faut déplacer pour la faire changer de lieu? Mais, 1°. les corps qui ſe choquent dans le vuide, font voir la même choſe que dans l'air, ou s'il y a des différences, elles ne ſont pas ſenſibles.

2°. La réſiſtance de l'air fait elle-même partie de la queſtion préſente; car il s'agit de l'inertie des corps en général. Si l'air en qualité de matiére, fait réſiſtance au mouvement des

corps qui tendent à le déplacer, & qu'on en convienne, l'inertie eſt prouvée.

3°. Si la réſiſtance que fait la boule en repos, venoit uniquement de celle de l'air, ſur lequel elle s'appuye; pour réſiſter une fois plus, il faudroit qu'elle répondît à un volume d'air une fois plus grand : mais le fait eſt qu'il ſuffit de doubler le poids de la boule, & tout le monde ſçait qu'un ſolide ſphérique, pour avoir le double de maſſe, ne reçoit pas une ſurface deux fois auſſi grande que celle qu'il avoit.

Seroit-ce donc la peſanteur de la boule ſuſpendue qui s'oppoſeroit à ſon déplacement ? De quelque longueur qu'on ſuppoſe le fil, dira-t-on, ſi le corps grave qu'il tient ſuſpendu, eſt libre, il le tiendra tendu dans une ſituation verticale, & ſe placera au point le plus bas que la ſuſpenſion lui puiſſe permettre d'obtenir. Il ſuit de-là, que ſi l'on le force d'en ſortir, en quelqu'endroit qu'on le porte à l'entour, il ſera plus haut ; & qu'il faudra pour l'y porter, vaincre ſa peſanteur qui fait effort pour le retenir où il eſt.

Cette objection eſt ſpécieuſe, mais elle ne fera jamais conclure que la force d'inertie & la peſanteur ſont la même choſe dans les corps, à quiconque fera attention que dans les boules ſuſpendues des expériences citées, la réſiſtance eſt toujours proportionnelle aux maſſes conſidérées dans toute leur valeur; au lieu que la peſanteur, au tems du repos, eſt réduite à zero par le fil qui ſuſpend la boule, & qu'elle n'agit preſque pas, lorſque cette même boule ſe meut, ſi le fil eſt fort long, comme on le ſuppoſe, & qu'on ne faſſe décrire que de petits arcs.

Pour rendre ceci plus intelligible, ſuppoſons la boule en repos au bout du fil qui la tient ſuſpendue, alors tout l'effort de ſa peſanteur eſt vaincu par la réſiſtance du point de ſuſpenſion; ſi on la pouſſe avec le doigt dans un arc de cercle, à meſure qu'elle s'éloigne du lieu de ſon repos, on ſent qu'elle péſe de plus en plus ſur la main qui la dirige, de maniére que ſi le fil devient horizontal, elle fait ſentir tout ſon poids; & quand on la conduit en deſcendant par le même arc

de cercle, on ſent décroître proportionnellement l'effort de la peſanteur, juſqu'à ce que le fil ſoit vertical, & que le point de ſuſpenſion ſoit chargé de tout. On conçoit donc que la boule en queſtion ne réſiſte comme peſante, que quand le fil n'eſt plus vertical, quand elle a paſſé du lieu le plus bas à un autre plus élevé; ce déplacement doit donc précéder abſolument la réſiſtance, ou l'effort qui vient de la peſanteur; mais pour opérer ce déplacement, il faut employer une force réelle, capable de vaincre & de tranſporter toute la maſſe de cette boule; car ſi cette force qu'on employe eſt trop petite, elle n'eſt pas moins une force réelle, & cependant elle n'a point l'effet qu'on demande, ſur un corps ſolide dont les parties ſont liées. Ainſi la boule ſuſpendue a donc fait une réſiſtance qu'il a fallu vaincre, avant que ſa peſanteur pût ſe faire ſentir.

De plus les fluides réſiſtent auſſi bien que les autres corps. Quand un ſolide ſe meut dans l'eau, en ſuivant une direction horizontale, on ne peut pas dire que la réſiſtance qu'il éprou-

ve,

ve, vienne de la péſanteur du milieu, puiſque toutes les parties de ce milieu, qu'on ſuppoſe homogénes, ſont en équilibre entr'elles, & qu'on n'a rien à attendre de leur peſanteur, quand on les tranſporte ſelon une direction qui lui eſt tout-à-fait indifférente, telle qu'on la ſuppoſe.

Enfin la force d'inertie ſe rencontre dans les corps en mouvement, comme dans ceux qui ſont en repos; celui qui ſe meut avec deux dégrés, n'en reçoit un troiſiéme que par un nouvel effort qu'il faut faire pour le lui donner; la même réſiſtance qu'il oppoſe à la premiére force qui lui ôte ſon repos, il l'employe également contre celle qui veut ajouter à ſon nouvel état : c'eſt pourquoi après avoir rapporté les expériences qui prouvent la force d'inertie dans les corps en repos, j'en ajouterai une qui me paroît déciſive, & qui ne permet pas de confondre les effets de l'inertie avec ceux de la peſanteur.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La machine qui eſt repréſentée par la *Fig.* 3. porte environ à 6 pieds de hauteur deux billes d'yvoire *A*, *B*, d'un pouce ½ de diametre chacune, & attachées enſemble avec un peu de cire : le marteau *D*, qui eſt de même matiére, eſt mené par un reſſort que l'on tend plus ou moins, & qui ſe détend quand on tire le cordon *E*, pour faire frapper le marteau ſur une des deux billes.

EFFETS.

L'une des deux billes d'yvoire *B* ayant été frappée par le marteau, ſe détache de l'autre *A*, & la précéde en tombant.

EXPLICATIONS.

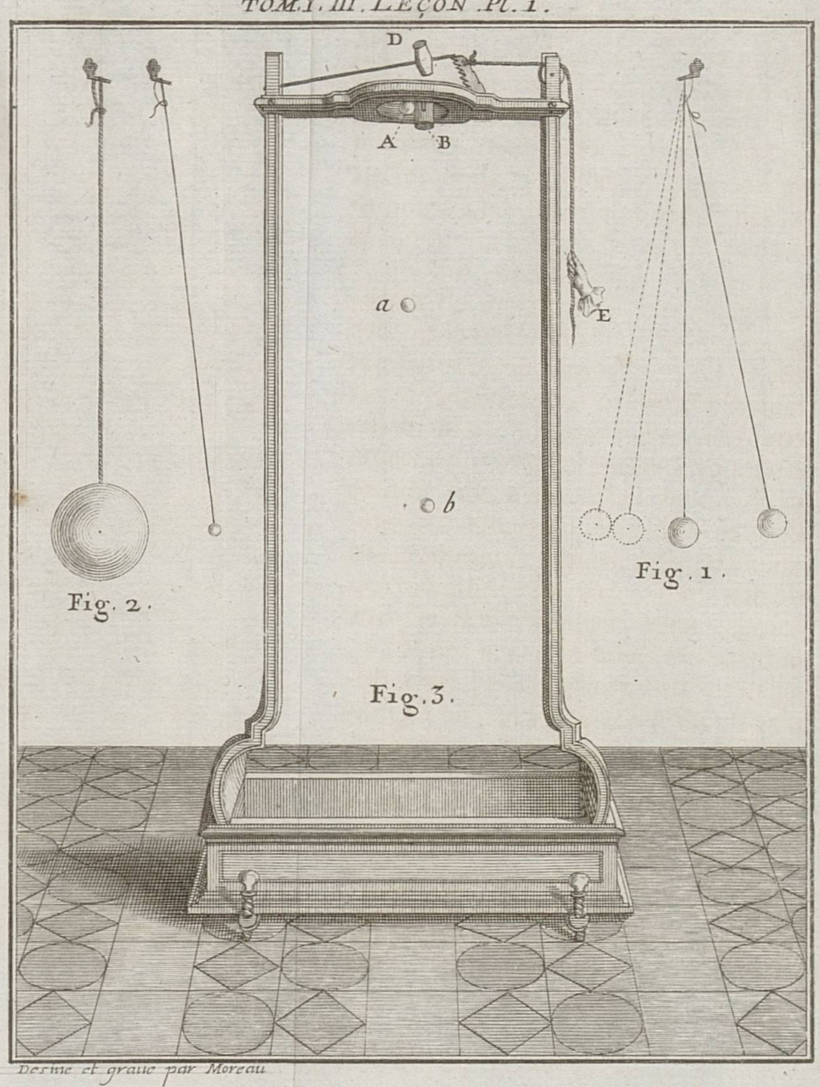
Si les deux billes ſeulement détachées l'une de l'autre, n'obéiſſoient qu'à leur peſanteur; comme on ſuppoſe qu'elles commencent à tomber en même tems, qu'elles ſont en tout ſemblables, & dans le même air, il

eſt indubitable qu'elles arriveroient enſemble ſur le plan qui termine leur chute : mais l'une des deux, ayant reçu un coup de marteau qui ajoute à l'effort de ſa peſanteur, obéit encore à cette nouvelle impulſion, dont l'effet eſt de la faire précéder l'autre ; & cette préceſſion eſt d'autant plus prompte, que le coup de marteau a été plus grand. Voilà un nouvel effet qu'on ne peut attribuer à la peſanteur, puiſque pour le faire naître, cet effet, il faut employer une cauſe particuliére, ſans laquelle il eſt nul, & dont il ſuit exactement les proportions. Or tout ce qui anéantit une force active, s'appelle réſiſtance : un corps qui tombe librement, réſiſte donc à un mouvement plus prompt que celui de ſa peſanteur, & ne le reçoit que d'une autre puiſſance dont l'action eſt ſuſceptible de plus & de moins.

APPLICATIONS.

Une pierre que l'on jette avec la main contre un arbre de médiocre groſſeur, y cauſe ſouvent une émotion qui paſſe ſenſiblement juſques

aux branches, & retombe au pied du même arbre, où elle demeure ſans mouvement : une pareille pierre lancée contre un rocher iſolé, retombe de même, & ne laiſſe appercevoir aucun ſigne de mouvement communiqué : on voit tout d'un coup la cauſe de cette différence, ſi l'on fait attention que tout ce qui eſt matériel, oppoſe ſon inertie au choc des autres corps ; & que cette force par laquelle il réſiſte au mouvement, eſt toujours proportionnelle à ſa maſſe. En ſuppoſant que la pierre portât ſucceſſivement le même effort contre l'arbre & contre le rocher ; le premier, comme ayant beaucoup moins de matiére, a fait une réſiſtance trop foible, pour conſumer entiérement la force qui l'a ſollicité à ſe mouvoir, ſans être un peu déplacé ; & ce déplacement a été ſenſible par l'agitation des branches : l'autre ayant une maſſe beaucoup plus grande, a fait une réſiſtance complette, victorieuſe (pour ainſi dire) ; & l'effort de la pierre diſtribué à un certain nombre de ſes parties, n'a pas ſuffi pour s'étendre à toutes d'une maniére ſenſi-



Desiné et graué par Moreau

ble, & pour mouvoir le corps en ſon entier.

On a vu ci-deſſus qu'une boule de plomb qui péſe une livre, & qui va heurter une autre boule de même matiére & de même poids, lui donne une certaine quantité de mouvement; & qu'elle en donne moins, ou, pour parler plus exactement, qu'elle déplace moins une troiſiéme boule qui péſe trente ou quarante fois autant. On en a conclu, comme on le devoit, que ce dernier corps, ayant plus de matiére, réſiſtoit davantage; de-là il ſuit que plus il aura de maſſe, plus il fera de réſiſtance; & qu'enfin il peut en avoir en telle quantité, que l'effort qu'il a à ſoutenir, ne ſuffiſe pas pour être diſtribué ſenſiblement à toutes ſes parties. Cependant ce corps ne peut pas ſe déplacer, que toutes ſes parties ne ſe meuvent en commun; c'eſt donc par cette raiſon, que l'inertie des corps conſerve les uns ſenſiblement en repos contre un effort qui met les autres en mouvement.

II. SECTION.

Du Mouvement en général, & de ses propriétés.

ON appelle *mouvement*, l'état d'un corps qui est actuellement transporté d'un lieu dans un autre, soit qu'on le considére en totalité, soit qu'on n'ait égard qu'à ses parties. Ainsi le bateau qu'on abandonne au courant de la riviére, est en mouvement, parce qu'il change continuellement de place; & l'on ne peut point nier que les aîles d'un moulin ne se meuvent, quoiqu'elles tournent dans le même lieu, parce que chacune d'elles passe successivement par tous les points du cercle qu'elle décrit.

Toutes les fois qu'un corps se meut, il change de situation, respectivement aux objets qui l'environnent de près ou de loin : un homme, par exemple, assis dans un carrosse, ou dans un bateau qui le transporte, change continuellement de rapports, sinon avec les personnes qui l'accom-

pagnent, au moins à l'égard des différens lieux qu'il parcourt pendant ſon voyage.

Si j'apperçois à ma gauche ce que j'avois à ma droite, je puis donc conclure en toute ſureté, qu'il y a eu un mouvement réel ; mais ce changement de rapports ne ſuffit pas ſeul pour m'apprendre ſi c'eſt moi qui ai paſſé du lieu que j'occupois, dans un autre. Car le même effet s'enſuivroit, quand j'aurois reſté conſtamment en repos, pourvû qu'on eût déplacé ce que j'ai autour de moi. Que le ſoleil tourne en 24. heures autour de la terre, ou qu'en un pareil tems la terre tournant ſur elle-même, préſente ſucceſſivement tous les points de ſa ſurface à la lumiére de cet aſtre, c'eſt la même choſe, quant aux apparences ; & le ſyſtême qui attribue le mouvement réel à notre globe, pour expliquer les différens aſpects du ciel, n'eût jamais été qu'une pure hypothéſe, & ne l'emporteroit pas ſur l'opinion contraire, s'il n'étoit appuyé d'ailleurs ſur des raiſons plus fortes, que les poſitions relatives des corps céleſtes avec la terre.

Il y a trois choſes principales à conſidérer dans un corps qui ſe meut: ſa *direction*, ſa *vîteſſe*, & la *quantité* de ſon mouvement.

La direction s'exprime par la ligne droite qu'un corps décrit, ou tend à décrire, par ſon mouvement : car quoiqu'il parcoure un eſpace, qui outre ſa longueur, a encore les autres dimenſions qu'il a lui-même ; cependant, comme ſi ſa matiére étoit réduite en un point, on ne conſidére dans la direction, que le chemin parcouru par ce ſeul point ; c'eſt pour cela qu'en nommant deux termes ſeulement, on fait connoître ſans équivoque de quelle maniére le mobile ſe dirige ; comme quand on dit, *telle riviére coule de l'Eſt à l'Oueſt ; tel objet paſſe de gauche à droite.*

Quand un corps commence à ſe mouvoir, c'eſt toujours par une ligne droite, qu'il ſuit autant qu'il peut ; & quand il eſt obligé de la quitter, il recommence à en décrire une autre de la même eſpéce, qu'il n'abandonne encore, que quand on le force de ſe diriger autrement, mais toujours en ligne droite, comme nous

le ferons voir ci-après. Ainſi quand un mouvement ſe fait en ligne courbe, cette courbe n'eſt autre choſe qu'une ſuite de petites lignes droites differemment dirigées. La fronde qu'on fait circuler, paſſe par une infinité de directions; & le cercle qu'elle décrit, peut être conſidéré comme un polygone d'une infinité de côtés.

On donne aux directions des corps qui ſont en mouvement, autant de noms différens, qu'il en appartient aux poſitions relatives des lignes droites; on dit, par exemple, tel corps ſe meut *obliquement*, *parallélement*, *perpendiculairement*, &c. à l'horizon, à tel ou tel plan. La direction de la pluie eſt oblique à l'horizon quand il fait du vent.

La vîteſſe du mouvement ſe connoît par l'eſpace qu'un mobile parcourt, & par le tems qu'il employe à le parcourir. Pour avoir une idée diſtincte de la vîteſſe, il ne ſuffit pas de dire, un homme a fait dix lieues, il faut encore accuſer pendant combien d'heures il a marché.

De même quand il s'agit des vîteſſes relatives, ce n'eſt point aſſez de

comparer les tems, ou les eſpaces ſeulement, pour ſçavoir en quel rapport ſont les vîteſſes de deux corps, il faut diviſer les eſpaces par les tems, & ſi l'on trouve, par exemple, qu'en tems égaux chacun d'eux ait parcouru une toiſe, on pourra conclure égalité de vîteſſe ; & l'inégalité au contraire, ſi l'un des deux employe plus de tems à parcourir un eſpace donné, ou que dans un tems déterminé il ne parcoure pas autant d'eſpace que l'autre. Les aiguilles d'une pendule, ou d'une montre, font toutes deux le tour du cadran, elles parcourent le même eſpace ; mais celle des heures employe douze fois autant de tems que celle des minutes : la derniére a douze fois autant de vîteſſe que la premiére ; ou bien en prenant le tems de douze heures pour la meſure commune, on verra en comparant les eſpaces parcourus, que l'aiguille des minutes fait douze fois le chemin, que celle des heures ne parcourt qu'une ſeule fois ; ce qui revient au même.

On confond aſſez ſouvent la vîteſſe avec le mouvement ; ſi l'on fait

tourner un morceau de liége une fois plus vîte qu'un plomb de pareil volume, on dit communément, que le liége a plus de mouvement. Cette expreſſion n'eſt point exacte, & l'on verra bientôt que le plus & le moins de mouvement ne vient pas ſeulement du degré de vîteſſe. Cependant ceux-mêmes qui ne l'ignorent pas, ſe conforment quelquefois à l'uſage, & l'on dit, un *mouvement uniforme*, *accéléré*, *retardé*, &c. quoique ces modifications doivent toujours s'entendre de la vîteſſe.

La vîteſſe *uniforme* eſt celle d'un corps qui parcourt des eſpaces égaux en tems égaux. Comme ſi la boule qui roule ſur un plan, parcourt une toiſe dans une ſeconde, une autre toiſe dans la ſeconde ſuivante, une toiſe encore dans la troiſiéme ſeconde, & toujours de même; de façon que les tems & les eſpaces parcourus ſoient toujours égaux entr'eux. Cette uniformité ſe conçoit aiſément comme poſſible, mais dans l'état naturel elle ne ſe rencontre preſque jamais, à cauſe des obſtacles inévitables dont nous parlerons ci-après.

On appelle vîteſſe *accélérée* celle d'un mobile, qui dans des tems égaux meſure des eſpaces qui vont toujours en augmentant, ou bien des eſpaces qui ſont égaux entr'eux, dans des tems qui décroiſſent de plus en plus: comme une pierre qui tombe librement, & qui va plus vîte vers la fin de ſa chûte qu'au commencement.

Si tout au contraire, des eſpaces égaux ne s'achevent que dans des tems qui augmentent de plus en plus, ou, qu'en ſuppoſant l'égalité des tems, les eſpaces parcourus aillent toujours en décroiſſant, cette vîteſſe eſt celle qu'on nomme *retardée*; telle eſt celle d'une bille qu'on roule, & qui ſe rallentit peu à peu juſqu'au repos.

La quantité du mouvement s'eſtime par la maſſe & par la vîteſſe priſes enſemble, de maniére qu'en multipliant l'une par l'autre, on peut ſçavoir au juſte quel eſt le rapport des mouvemens de deux corps que l'on compare. Suppoſons, par exemple, qu'un des deux ait 100 grains de matiére, que l'autre en ait 500, & que tous deux ſe meuvent avec 4 de-

grés de vîtesse : la quantité du mouvement dans le premier sera 100 multiplié par 4, ce qui fera 400 ; & dans le dernier ce sera 500 multiplié par 4, le produit sera 2000 : ainsi ces deux quantités de mouvement comparées seront entr'elles comme 400, & 2000. On apperçoit aisément la raison pour laquelle on doit estimer ainsi la quantité du mouvement, quand on considére que toute la vîtesse avec laquelle on fait mouvoir un corps, appartient également à toutes les parties de sa masse ; car si je mets un tout en état de parcourir une toise en une seconde de tems, je détermine par-là sa vîtesse, mais je l'imprime, cette vîtesse, à toutes les parties qui composent ce tout ; de sorte que si après l'impulsion reçûe, elles venoient à se désunir, on ne conçoit pas qu'aucune d'elles dût demeurer en repos ; on sent au contraire, qu'en obéissant toutes également à la même cause qui les a déterminées à se mouvoir, elles continueroient d'exécuter séparément ce qu'elles ont commencé en commun, en faisant abstraction néanmoins des obstacles

qui augmentent en conséquence de la division, & que nous expliquerons ailleurs.

Un corps qui se meut, peut en mouvoir d'autres, & cette faculté est relative aussi à sa masse & à sa vîtesse, de façon qu'on peut compenser l'une par l'autre. Car celui qui a peu de masse fait autant d'effort avec beaucoup de vîtesse, qu'un autre en feroit avec moins de vîtesse s'il avoit plus de masse. Avec un petit marteau qu'on fait agir promptement, on chasse aussi loin le même clou, qu'avec un plus gros qui tomberoit lentement; une petite baguette ne blesse pas comme un bâton, quand bien même l'une & l'autre frapperoient avec la même vîtesse.

Le mouvement des corps, quand il est employé pour en mouvoir d'autres, soit qu'il tende à les mouvoir seulement, soit qu'il les meuve en effet, se nomme *puissance*, ou *force motrice*.

On avoit toujours pensé que cette force, en toutes sortes de cas indistinctement, devoit être évaluée comme la quantité du mouvement par la masse

& par la vîteſſe ; & en effet qu'un corps ſollicité à ſe mouvoir, ſe meuve réellement, ou bien qu'il ſoit retenu par des obſtacles, on ne voit autre choſe en lui que ſa vîteſſe, multipliée autant de fois qu'il a de parties ſolides, ou (ce qui eſt la même choſe) toute ſa maſſe multipliée par ſa ſimple vîteſſe ; & l'on ne voit pas que des oppoſitions invincibles, ou la liberté d'agir, puiſſent rien changer à ſa quantité de matiére, ni à l'impulſion qui a une fois réglé ſon degré de vîteſſe.

Cependant pluſieurs Philoſophes très-célebres ont embraſſé le ſentiment de M. Leibnitz, qui le premier a établi une diſtinction entre la force motrice qui eſt vaincue par un obſtacle, & celle qui agit contre une réſiſtance qui céde. Ils appellent la premiere *force morte*, & ils conviennent qu'elle doit être évaluée comme la quantité du mouvement, en multipliant la maſſe par la ſimple vîteſſe. Quant à la derniére, qu'ils nomment *force vive*, ils prétendent que pour l'eſtimer ſelon ſa juſte valeur, il faut multiplier la maſſe, non

par la ſimple vîteſſe, mais par le quarré de la vîteſſe, c'eſt-à-dire, par la vîteſſe multipliée par elle-même. Si, par exemple, la vîteſſe eſt 3, ce n'eſt point par 3 qu'il faudra multiplier la maſſe, mais par 9, qui eſt le produit de 3 multiplié par 3. Suivant cette opinion, un corps qui agit contre un obſtacle avec 2 de maſſe, & une impulſion qui régle ſa vîteſſe à 4, n'a que 8 degrés de force, tant que la réſiſtance eſt victorieuſe; mais ſi cette réſiſtance vient à céder, la force à laquelle elle obéit devient vive, & de 8 elle s'éleve à 32.

On juge bien qu'un Philoſophe comme M. Leibnitz, & auſſi verſé qu'il étoit dans les Mathématiques, ne s'eſt point déterminé légérement à introduire un principe auſſi nouveau, & qui paroît d'une auſſi grande importance pour la méchanique; il l'a même annoncé par un titre qui marquoit ſa confiance *; & en effet il appuie ſa théorie ſur des expériences & par des raiſonnemens ſi

* *Brevis demonſtratio erroris memorabilis Carteſii, & aliorum, &c.* Act. erud. Lipſ. 1686. p. 161.

ſpécieux, qu'on ne doit point être ſurpris qu'il ait trouvé des défenſeurs parmi les Phyſiciens les plus habiles & les plus éclairés. Mais l'on ne peut diſſimuler auſſi que le plus grand nombre révolté contre cette nouvelle doctrine, l'a regardée comme un paradoxe ; & qu'après de longues diſcuſſions, la plûpart ont penſé qu'il falloit plutôt chercher à concilier les phénoménes qui ſervent de preuves à l'opinion de M. Leibnitz, avec des principes connus & généralement avoués, que d'admettre une nouveauté qui ne paroiſſoit point liée avec les idées claires & diſtinctes qu'on s'étoit faites juſqu'alors du mouvement des corps.

Nous ne croyons pas devoir approfondir cette queſtion dans un ouvrage, où l'on ne s'eſt propoſé que d'établir les principes les moins conteſtés : les piéces de ce fameux procès ſe trouvent mieux expoſées que nous ne pourrions faire, dans pluſieurs ouvrages imprimés & très-connus. Je n'en citerai que deux ; l'un eſt le vingt-uniéme & dernier chapitre d'un volume in-8°. imprimé en 1740.

ſous le titre d'*Inſtitutions de Phyſique* ; dans lequel une dame, auſſi reſpectable par ſes lumiéres que par ſa naiſſance, a fait valoir, avec toute la ſagacité poſſible, tout ce qu'on peut dire en faveur des forces vives : l'autre eſt une *Diſſertation ſur l'eſtimation des forces motrices des Corps* ; dans laquelle M. de Mairan, qui en eſt l'auteur, rappelle un mémoire qu'il avoit lû en 1728. à l'Académie des Sciences ; & dans lequel il combat l'opinion des forces vives par des raiſons bien fortes, & explique fort intelligiblement, & par les principes ordinaires, tout ce qui paroiſſoit ne pouvoir l'être qu'en admettant celui de M. Leibnitz.

Je ne dois pas obmettre cependant (& c'eſt une des raiſons qui me diſpenſent de m'étendre davantage ſur cette queſtion) que ſi les ſentimens ſont partagés ſur la maniére d'évaluer la force des corps en mouvement, on eſt parfaitement d'accord ſur le produit de ces forces, & ſur les effets qui en doivent réſulter. Ceux qui n'admettent point la diſtinction Léibnitienne, conviennent cependant

avec les défenſeurs des forces vives, que les effets ſont quadruples de la part d'un corps qui ſe meut avec deux degrés de vîteſſe, par comparaiſon à celui qui n'en a qu'un. Mais, diſent-ils, ce n'eſt pas parce que 4 eſt le quarré de 2, que cet effet s'enſuit; c'eſt ſeulement parce que le mobile qui a deux degrés de vîteſſe, fait un effort qui eſt répété deux fois autant que celui d'un corps qui ſe meut avec un degré de vîteſſe. Et il faut avouer que ſi l'on fait entrer la conſidération du tems, dans l'examen des faits qu'on apporte en preuves des forces vives; on ſe retrouve alors dans la route ordinaire, & le quarré des vîteſſes n'a pas plus lieu pour l'eſtimation des forces qui ne ſont que retardées par des réſiſtances qui cédent, que pour évaluer celles qui agiſſent contre des obſtacles invincibles.

Il ſuit de cet aveu & de ſa reſtriction, que ſi l'affaire des forces vives n'eſt point une queſtion de nom, au moins on peut dire qu'elle n'eſt pas d'une auſſi grande conſéquence qu'elle paroiſſoit devoir l'être pour la méchanique, & qu'on peut ſans erreur

eſtimer indiſtinctement dans la pratique, la force des corps par la quantité du mouvement, c'eſt-à-dire, par leur maſſe & par leur ſimple vîteſſe actuelle, s'ils ſe meuvent réellement; & s'ils ſont retenus par des obſtacles invincibles, par leur tendance au mouvement qui eſt comme la maſſe & leur vîteſſe initiale, c'eſt-à-dire, celle avec laquelle ils commenceroient à ſe mouvoir, ſi l'obſtacle cédoit.

Le *repos* eſt l'état oppoſé au mouvement, c'eſt donc celui d'un corps qui perſévére dans les mêmes rapports de ſituations avec les objets qui l'environnent de près ou de loin. Je dis, de près ou de loin, pour faire entendre qu'il s'agit ici du repos abſolu; & qu'on ne regarde pas comme tel l'état d'un corps qui eſt emporté avec ce qui l'entoure, comme un homme qui voyage avec trois autres perſonnes dans la même voiture; car s'il eſt en repos relativement à ceux qui l'accompagnent, il ne l'eſt pas par rapport aux objets extérieurs.

Cette eſpéce de repos à qui nous donnons l'excluſion, eſt peut-être le

ſeul cependant qu'on doive admettre en parlant à la rigueur ; car ſi tout le globe que nous habitons, tourne ſans ceſſe ſur ſon axe, & qu'il décrive un orbe autour du ſoleil, comme il eſt très-probable, il n'y a aucun corps ſur ſa ſurface qui ne participe au mouvement qui eſt commun à toutes ſes parties ; & ſi quelque choſe paroît en repos, ce n'eſt que relativement aux autres objets terreſtres. Mais comme tout ce qui l'entoure à cet égard, s'étend autant que toute notre ſphére, quand on ne compare que des corps terreſtres entr'eux, on peut regarder comme abſolu le repos de celui qui ne change point de ſituation reſpectivement à eux.

Le repos n'a pas ſes degrés comme le mouvement, à moins qu'on ne le confonde avec la force d'inertie ; il eſt toujours tout ce qu'il peut être : mais il peut arriver (& c'eſt une choſe fort ordinaire) qu'un corps ſoit en repos conſidéré comme un tout, & que ſes parties ſoient dans un mouvement actuel. Un bloc de marbre qui s'échauſe à l'ardeur du ſoleil, ne change point de place, mais toutes

ſes parties ſont agitées ; car tous les Phyſiciens conviennent qu'un des principaux effets de la chaleur, eſt de mettre en mouvement les parties de la maſſe ſur laquelle elle agit.

III. SECTION.

Des Loix du Mouvement ſimple.

ON appelle *Loix du Mouvement* certaines régles, ſuivant leſquelles tous les corps ſe meuvent généralement & conſtamment, lorſqu'ils obéiſſent à quelque force motrice.

Le mouvement *ſimple* eſt celui d'un corps qui n'obéit qu'à une ſeule force, ou qui ne tend qu'à un ſeul point. Tel eſt celui d'un homme qui gliſſe en ligne droite ſur un canal glacé, ou celui d'un corps grave que ſon propre poids fait deſcendre par une ligne perpendiculaire à l'horizon : un tel mouvement eſt l'effet d'une ſeule impulſion, ou de pluſieurs qui ſe ſuccédent dans la même direction.

Premiére Loi du Mouvement simple.

Tout corps qui est une fois mis en mouvement, continue de se mouvoir dans la direction, & avec le degré de vîtesse qu'il a reçû, si son état n'est changé par quelque cause nouvelle.

C'est-à-dire, que s'il quitte la ligne droite qu'il a commencé à décrire, si sa vîtesse se rallentit ou s'accélére, ces changemens viennent d'une cause particuliére qui le détermine autrement, qui ajoute ou qui retranche à son mouvement, sans quoi la premiére cause ne cesseroit d'avoir pleinement son effet. Car pourquoi son état changeroit-il ? La force d'inertie qui l'a retenu, tant qu'elle a pu, dans son repos, & qu'il a fallu vaincre pour lui faire prendre du mouvement, le fait résister ensuite, autant qu'elle peut, à toute variation, & cette résistance doit être vaincue de nouveau par une force positive, avant qu'on apperçoive aucun degré de plus ou de moins dans l'état du mobile.

Mais pourquoi la nature s'eſt-elle faite une loi qui n'a jamais ſon effet? ou plutôt, comment avons-nous pû aſſigner aux corps qui ſe meuvent, une conſtance de direction & de vîteſſe, qui ne repréſente pas la nature ? Quelqu'un a-t-il jamais vû un mouvement ſans altération, & qui ſe perpétuât ſans avoir beſoin d'être réparé ? Le corps le plus mobile, & le plus violemment agité, ne revient-il pas au repos, après un tems plus ou moins long ?

Il faut avouer que nous n'avons en notre diſpoſition aucune expérience qui prouve directement, & d'une maniere poſitive, l'énoncé de cette premiere loi.

Mais, 1°. nous avons fait voir ci-deſſus, qu'un corps, en tel état qu'il ſoit, tend à y perſévérer, par une force que nous avons nommée inertie. Ce principe ſuffit pour établir la loi dont il s'agit, puiſqu'en faiſant abſtraction de toute réſiſtance étrangere, lorſqu'une fois un corps eſt en mouvement, on ne voit plus rien en lui qui réſiſte à l'impulſion qu'il a reçûe, ni qui détruiſe l'inertie qui s'oppoſe

s'oppose à son changement d'état.

2°. S'il est vrai que les corps perdent toujours leur mouvement après un certain tems, il n'est pas moins vrai qu'on connoît toujours des obstacles qui le leur font perdre ; & parce que des résistances inévitables, (quoiqu'étrangéres,) font cesser le mouvement d'un corps, seroit-ce une raison pour conclure que le mouvement est de nature à ne pouvoir subsister? Ne doit-on pas plutôt juger tout le contraire, de cela même qu'il faut absolument des résistances positives pour le faire cesser? Voyons donc quelles sont les causes qui font cesser le mouvement, & choisissons par préférence celles qui sont tellement liées avec l'état naturel, qu'elles ne peuvent être évitées.

1ment Dans quelque endroit, & de quelque maniére qu'on fasse mouvoir un corps, il se trouve toujours dans quelque fluide qui à cet égard se nomme *milieu*, & qu'il est obligé de pousser sans cesse devant lui pour se faire un passage ; & comme ce milieu est matériel, il fait une continuelle résistance au mobile qui tend à le dé-

placer. Celui-ci ne peut donc continuer de se mouvoir qu'en employant à chaque instant une partie de son mouvement, pour vaincre cette résistance ; ainsi après un certain tems, il l'a tout employé, & se trouve réduit au repos.

2ment Tous les corps étant pesans, aucun d'eux ne peut se mouvoir dans une direction différente de celle qui est propre à la pesanteur, s'il n'est soutenu par une suspension, ou par un plan, ou bien il glisse dans quelque fluide qui le touche de toutes parts. De quelque maniére qu'on s'y prenne, il faut toujours qu'il passe par les différens points de la surface du plan qu'il parcourt, ou du milieu qu'il divise, ou que les piéces qui le suspendent fassent la même chose l'une sur l'autre. Cette application successive de surface à surface se nomme *frottement*, & résiste encore au mouvement, car la superficie des corps n'est jamais parfaitement unie ; les parties hautes de l'une s'engagent dans les cavités de l'autre, ce qui fait qu'elles ne glissent qu'avec quelque difficulté.

La résistance des milieux & celle

qui vient des frottemens, ſont donc des cauſes qui empêchent que la premiére loi du mouvement ait un plein effet, parce qu'étant inévitables dans l'état naturel, il en réſulte des réſiſtances qui détruiſent indiſpenſablement une partie de la vîteſſe des corps à chaque inſtant.

Toute machine que l'on fait mouvoir, n'exerce donc jamais ſur la réſiſtance qu'on s'eſt propoſé de vaincre, tout le mouvement qu'elle a reçu, puiſque les cauſes dont nous venons de faire mention, en conſument néceſſairement une partie. Comme il eſt important de ſçavoir ce qui doit lui en reſter après cette déduction, nous allons expoſer ici ce qu'on doit principalement conſidérer quand on veut évaluer les réſiſtances qui naiſſent ou des frottemens, ou des milieux.

ARTICLE PREMIER.

De la réſiſtance des Milieux.

LES milieux quoique fluides, réſiſtent comme les autres corps par leur inertie qui s'oppoſe à leur déplace-

ment ; mais l'inertie , comme nous l'avons déja dit, eſt toujours proportionnelle à la maſſe : toutes choſes égales d'ailleurs , plus le milieu a de denſité , plus il fait de réſiſtance.

Mais la maſſe des corps ne dépend pas ſeulement de leur denſité , elle dépend auſſi de leur grandeur ; car une pinte d'eau péſe plus qu'une chopine de la même eau : ainſi le même milieu en pareilles circonſtances réſiſte à proportion de la quantité qu'on en déplace , & cette quantité doit être méſurée par la ſurface antérieure du corps qui s'y meut , & par l'eſpace qu'on lui fait parcourir. Si je diviſe l'eau ou l'air avec le plat de la main ; à chaque inſtant j'en déplace beaucoup plus que ſi je les diviſois en tems égal , ſeulement avec le tranchant de la même main , & je trouve auſſi plus de reſiſtance.

La maſſe de cette portion du milieu qu'on doit déplacer , étant déterminée par ſa denſité , par la grandeur de la ſurface ſolide qui la pouſſe, elle doit l'être encore par la vîteſſe du mobile; car on conçoit bien que ſi je fais mouvoir ma main dans l'eau , de la

longueur de deux pieds dans une seconde, je déplace une plus grande quantité du fluide, que si dans un tems égal ma main n'avoit parcouru qu'un espace d'un pied. Or une plus grande quantité d'eau fait une plus grande masse, qui résiste plus, & l'inertie s'oppose à une plus grande vîtesse, comme elle s'est opposée au premier degré qu'on a fait prendre au fluide qui céde. Les expériences suivantes feront preuves de ce que nous venons d'établir touchant la résistance des milieux, & acheveront d'éclaircir ce que nous en avons dit.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

On a divisé en deux parties égales une espéce de baquet ou d'auge, par une cloison qui s'étend d'un bout à l'autre, pour mettre de l'eau d'un côté, & laisser l'autre plein d'air seulement. Une double potence qui s'éléve sur le milieu de la cloison, suspend deux verges de la même longueur, aux bouts desquelles sont attachées deux boules de métal, qui sont semblables

par leurs poids & par leurs volumes, & qui peuvent, lorſqu'on les met en mouvement, aller & revenir chacune dans la partie du baquet, à laquelle elle répond. Voyez la *Fig.* 4.

EFFETS.

Les deux boules partant en même-tems avec des quantités égales de mouvement ; celle qui ſe meut dans l'eau perd toute ſa vîteſſe en 4 ou 5 ſecondes, au lieu que l'autre dont les balancemens ſe font dans la partie de l'auge qui ne contient que de l'air, conſerve fort long-tems ſa vîteſſe, & ne la perd entiérement qu'après un très-grand nombre de vibrations.

EXPLICATIONS.

Les deux boules étant de même métal, & ayant des volumes égaux, comme on le ſuppoſe, ont néceſſairement des maſſes égales, & lorſqu'elles commencent à décrire des arcs ſemblables aux bouts de deux verges d'égales longueurs, leurs vîteſſes ſont auſſi ſemblables, comme nous le ferons voir dans la ſuite. Ainſi puiſque

le mouvement ſe meſure par la maſſe & par la vîteſſe, les deux boules de notre expérience commencent à ſe mouvoir avec pareilles quantités de mouvement. Dans le premier inſtant chacune d'elles déplace un égal volume du fluide dans lequel elle ſe meut; mais le volume d'eau déplacé par *F*, eſt environ 800 fois plus denſe que l'air pouſſé par *G*. Ces deux mobiles ont donc déployé leurs forces ſur des réſiſtances bien inégales, puiſqu'elles ſont dans le rapport de 1 à 800; ainſi la boule *F* n'a point pû paſſer outre qu'elle n'ait conſumé une partie de ſa force, qui égale 800 fois celle que la boule *G* a perdue de la ſienne. Ce qui ſe fait dans le premier inſtant recommence dans l'inſtant ſuivant, & les vîteſſes des deux mobiles diminuent ainſi, avec une différence à-peu-près proportionnelle à celle des milieux, juſqu'à ce qu'enfin l'un & l'autre ſoient entiérement reduits au repos.

APPLICATIONS.

M. Newton a démontré qu'un corps ſphérique qui ſe meut dans un

milieu tranquile, & d'une densité égale à la sienne, perdoit la moitié de son mouvement avant que d'avoir parcouru un espace égal en longueur à deux de ses diamétres. Qu'on se rappelle ici les principes que nous avons établis ci-dessus, & que nous venons de confirmer par l'expérience précédente ; on concevra facilement comment on peut soumettre à un calcul exact la résistance qu'un fluide peut faire au mouvement d'un corps solide qui y est plongé. Car supposez que ce soit une boule d'or qui se meuve en ligne droite dans l'eau, ce qu'elle déplace équivaut à un cylindre dont la base a pour diamétre celui de la boule, & pour axe la ligne que son centre décrit. On sçait quel est le rapport des densités de l'or & de l'eau ; on sçait aussi quel est le rapport d'une boule à un cylindre, d'un diamétre, & d'une hauteur donnée. Toutes ces quantités étant donc connues, on peut juger de la résistance que l'eau oppose à la boule pendant qu'elle parcourt tel ou tel espace : & en comparant ce qu'elle a perdu de sa vîtesse, avec ce qu'elle avoit en

commençant

commençant à ſe mouvoir, on peut juger de ce qui lui en reſte.

Nous avons déja dit, que pour évaluer la réſiſtance des fluides, il falloit avoir égard auſſi à la vîteſſe du mobile. Il n'y a point de milieu ſi diviſible, qui n'exige un tems fini pour céder. Nous trouvons ordinairement ce tems fort court, parce que les vîteſſes que nous employons pour les diviſer ne ſont point fort grandes; & la comparaiſon que nous faiſons du tems employé contre eux, à celui avec lequel ils obéiſſent, nous fait porter ce jugement dont on revient quand on conſidére certains effets qu'on ne peut expliquer qu'en ſuppoſant qu'on n'a point donné au fluide le tems de céder. Pourquoi, par exemple, les coups de rames font-ils avancer un bateau? & pourquoi le font-ils avancer d'autant plus vîte qu'ils ſont plus prompts & plus fréquens? c'eſt que lorſqu'on frappe l'eau plus vîte qu'elle ne peut céder, elle devient par cette lenteur à obéir le point d'appui d'un levier que le batelier fait agir. Les poiſſons font avec leurs queues ce que le batelier

fait avec ſes rames, le nageur avec ſes bras & ſes jambes, les oiſeaux aquatiques avec leurs pieds, qui pour cet effet ſont conformés d'une maniére propre à pouſſer un grand volume d'eau.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

HI, Figure 5. repréſente un mouvement d'horlogerie, dont le modérateur eſt un volant à deux aîles, 1, 2; on monte le reſſort avec une clef, & la piéce *K* eſt un levier qui ſe meut de gauche à droite, & de droite à gauche, pour mettre le rouage en jeu, ou pour l'arrêter. On poſe cet inſtrument ſur la platine de la machine pneumatique, que nous avons repréſentée entiére dans la *Figure* 1e. *de la* 2. *Leçon*; & on le couvre d'un récipient de verre garni par le haut d'une tige de métal *L*, qui paſſe à travers d'une virolle de cuivre pleine de cuirs gras, & avec laquelle on peut mener le levier *K*, ſans laiſſer rentrer l'air, quand on a fait le vuide dans le récipient. Voyez la *Figure* 6.

EFFETS.

Lorſqu'on met le rouage en jeu dans le vuide, on s'apperçoit par la fréquence des coups de marteaux qui battent ſur le timbre, que le mouvement du rouage eſt beaucoup plus libre que quand le récipient eſt plein d'un air ſemblable à celui de l'atmoſphére.

EXPLICATIONS.

Ce qu'on nomme communément le vuide de Boyle, n'eſt autre choſe qu'un eſpace où l'on a raréfié l'air autant qu'il eſt poſſible, par le moyen de la machine pneumatique, que ce Philoſophe Anglois a beaucoup perfectionnée; mais nous ferons voir, (& tous les Phyſiciens en conviennent) que ce vuide n'eſt qu'un milieu moins denſe, que celui où nous voyons la plûpart des corps ſe mouvoir. Dans l'un & dans l'autre de ces deux milieux, c'eſt-à-dire, dans l'air ordinaire & dans l'air raréfié, le rouage n'a point une entiére liberté, parce qu'indépendamment des autres cauſes, le volant a tou-

jours quelque résistance à vaincre pour se mouvoir dans le fluide qui l'environne. La résistance de ce fluide est proportionnelle à sa densité; & par cette raison dans un air moins dense, le modérateur moins gêné lui-même, laisse plus de liberté aux roues, & procure plus de fréquence aux marteaux.

APPLICATIONS.

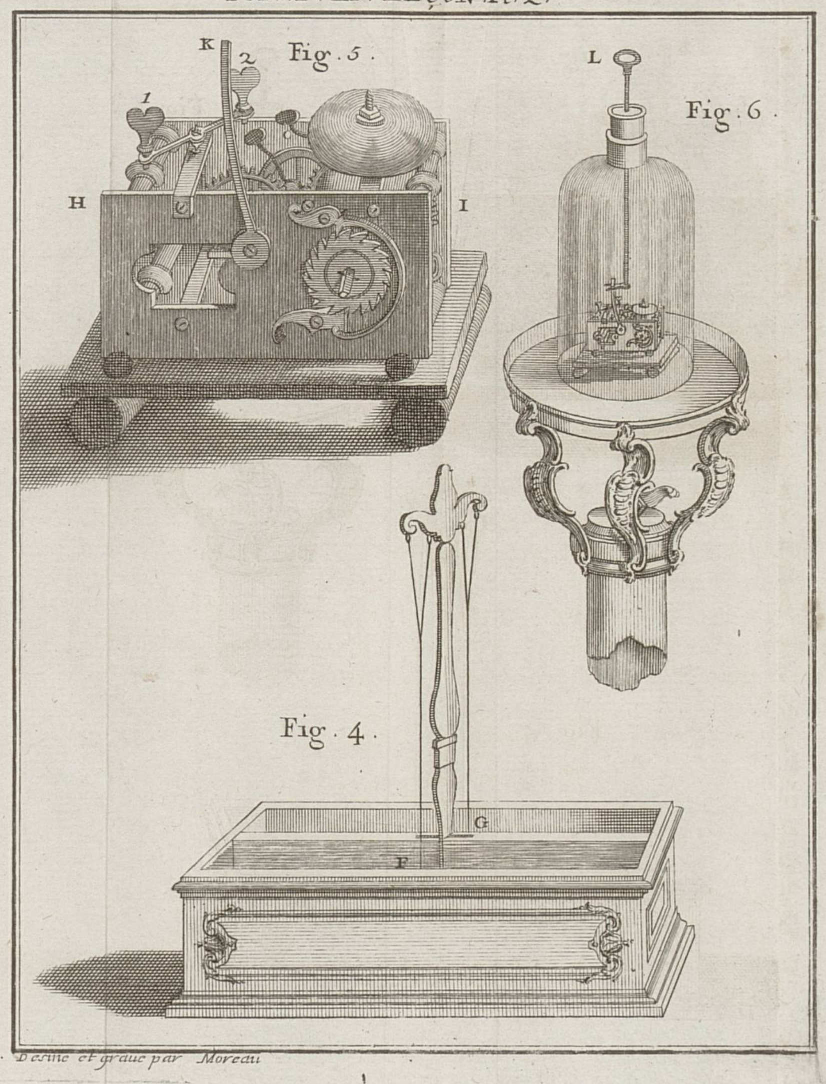
On voit par cette expérience, que l'air est un milieu résistant qui se comporte à l'égard des corps en mouvement, comme tous les autres fluides; à cela près, qu'étant beaucoup moins dense que la plûpart d'entre eux, il résiste moins en pareilles circonstances; c'est pourquoi pour trouver un point d'appui dans sa résistance, comme nous avons vû qu'on en trouve dans celle de l'eau, il faut le frapper avec bien plus de vîtesse, ou bien en pousser un plus grand volume en même-tems. Les oiseaux s'élévent, se soutiennent, & font de longs trajets dans l'air, malgré le poids de leur corps qui excéde toujours considérablement celui du milieu qu'ils

occupent. Ceux qui volent long-tems & fort loin, comme les hirondelles, la plûpart des oiſeaux de proie, pluſieurs aquatiques, &c. ont ordinairement peu de corps, beaucoup de plumes, & des aîles fort grandes; ceux au contraire qui ont un vol plus court ou moins fréquent, ont d'ordinaire plus de chair, & des aîles plus petites par proportion. Mais ſi l'on y fait attention, on remarquera que ceux-ci battent plus promptement que les autres en volant; les moineaux, pinçons, chardonnerets, linotes, &c. volent comme par ſauts, & ne ſe ſoutiennent point long-tems dans une même direction; leurs aîles ne peuvent élever & ſoutenir le corps que par une vîteſſe à laquelle ils peuvent à peine fournir quelques inſtans: pendant qu'ils ſe repoſent pour recommencer, leur propre poids les gagne, & leur fait perdre une partie de l'élévation précédemment acquiſe; c'eſt pourquoi leur vol n'eſt qu'une ſuite d'élancemens.

Il y a des oiſeaux qui ſe ſoutiennent pendant quelque tems à la même élé-

vation, ſans paroître mouvoir les aîles, (ce qu'on nomme *planer*;) on doit ſuppoſer qu'elles ſe meuvent pourtant, mais que leurs vibrations ſont ſi promptes & ſi courtes, qu'on ne peut les appercevoir à une certaine diſtance. La grande vîteſſe de ce mouvement peut ſuppléer pendant quelque tems à des battemens plus ouverts; & l'on remarque auſſi que les oiſeaux qui planent, ſont obligés de tems en tems de regagner par un vol ordinaire la hauteur qu'ils ont perdue inſenſiblement, & de repoſer, pour ainſi dire, par des mouvemens plus lents & plus étendus, les muſcles dont le reſſort a été trop tendu pendant ces vibrations courtes & fréquentes.

On voit par-là pourquoi les oiſeaux domeſtiques, ou ceux qui s'engraiſſent beaucoup en certaines ſaiſons, volent ſi peu ou ſi mal. A meſure qu'ils augmentent en maſſe, il faudroit auſſi que leurs aîles devinſſent plus grandes, pour embraſſer un plus grand volume d'air, ou que leurs forces augmentaſſent par proportion pour les faire agir avec plus de vîteſ-


Fig. 5.
K
2
1
H
I
L
Fig. 6.
Fig. 4.
G
F
Desiné et gravé par Moreau

ſe : mais le degré de force, & la conformation dans chaque eſpéce, ne ſont pas variables comme l'embonpoint.

Que l'on compare maintenant le poids d'un homme avec la force qu'il lui faudroit avoir dans les bras, pour mouvoir des aîles d'une grandeur proportionnée à ſa maſſe, avec une vîteſſe capable de le ſoutenir en l'air, & l'on verra quelle a été la folie de ceux qui ont cherché les moyens de voler, & qui les ont regardés comme poſſibles. Envain s'imagineroit-on qu'il ne faudroit que de la dextérité & de l'exercice ; il ſeroit facile de faire voir que les bras d'un homme le plus robuſte & le plus exercé, ne ſont pas capables d'un effort ſuivi, qui pût produire un tel effet.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

L'inſtrument que repréſente la *Fig.* 7. eſt un double moulinet dont les aîles en même nombre pour chacun, ſont auſſi de même poids, de même largeur, & de même longueur ; avec

cette différence, qu'à l'un des deux le plan de chaque aîle peut s'incliner à l'axe, de telle façon que l'on veut : un même reſſort qui ſe détend quand on baiſſe un bouton qu'on voit en *M*, pouſſe également deux petites broches *N N*, qui ſont fixées aux moyeux des moulinets ; ainſi en obéiſſant tous deux à cette impulſion commune, ils commencent à ſe mouvoir avec des vîteſſes égales.

EFFETS.

Si toutes les aîles des moulinets ſont dans des poſitions ſemblables relativement à leurs axes, par exemple, ſi dans l'un & dans l'autre le plan de chaque aîle eſt parallele à l'axe commun, le mouvement imprimé par le reſſort dure également dans tous les deux ; ils font un pareil nombre de tours, & finiſſent enſemble de ſe mouvoir. Si au contraire dans l'un des deux moulinets la largeur des aîles tombe ſur l'axe à angles droits, ou (ce qui eſt la même choſe) que leurs plans ſe trouvent tous dans celui d'un même cercle ; alors la même impulſion fait tourner celui-ci

bien plus vîte & beaucoup plus longtems que l'autre.

EXPLICATIONS.

Dans le premier cas de l'expérience précédente, les aîles de chaque moulinet se présentent de face au milieu commun qu'elles ont à déplacer pour se mouvoir : elles ne différent d'ailleurs par aucune circonstance, comme on le suppose ; elles éprouvent donc en même-tems des résistances égales ; elles perdent par conséquent pareilles quantités de forces dans les mêmes instans; quand la vîtesse manque tout-à-fait à l'un des deux moulinets, elle doit pareillement manquer à l'autre. Tout au contraire dans le second cas, l'un des deux moulinets présente ses aîles de champ; dans cette position ce ne sont plus que des lames qui divisent facilement l'air, & qui n'éprouvent plus à beaucoup près la même opposition de sa part, puisque le volume qui doit se déplacer est beaucoup moindre : ainsi celui qui dans des tems égaux perd moins de sa force, doit tourner plus vîte & plus longtems que l'autre.

APPLICATIONS.

Cette derniére expérience fait voir qu'une même maſſe peut éprouver des réſiſtances differentes dans le même milieu, ſelon qu'elle lui préſente directement une ſurface plus ou moins grande. Le batelier fait agir ſa rame par le plat, quand il cherche un point d'appui dans la réſiſtance de l'eau ; mais il la reléve par le tranchant pour ſe moins fatiguer, quand il veut ſe mettre en état de recommencer.

C'eſt par la même raiſon, qu'un corps conſerve ordinairement mieux ſon mouvement lorſqu'il eſt entier, que s'il eſt diviſé ; car la diviſion multiplie les ſurfaces, & par conſéquent la réſiſtance du milieu. Quand une once de plomb ſort d'un fuſil, ſous quelque quantité de ſurface qu'elle ſoit, l'impulſion de la poudre qui détermine ſa vîteſſe eſt la même ; cependant tout le monde ſçait qu'une balle eſt toujours portée beaucoup plus loin qu'une pareille quantité de plomb en grains : cette différence vient de la réſiſtance de

l'air qui agit en raiſon des ſurfaces ; car chaque petit grain de plomb ainſi que la balle, préſente toujours à l'air qu'il diviſe la moitié de ſa ſuperficie ſphérique ; & à poids égaux, la ſomme des petites ſurfaces hémiſphériques du plomb grainé, excéde beaucoup celle d'une ſeule balle.

Comme il arrive ſouvent qu'on ne compte point aſſez ſur la réſiſtance du milieu, quelquefois auſſi le préjugé lui en prête plus qu'il n'en a. Qui eſt-ce qui n'a pas oui dire, par exemple, qu'un coup de fuſil qui paſſe audeſſus de l'eau, ou qui traverſe d'un bord à l'autre d'une riviére ou d'un étang, ne porte pas le plomb auſſi loin que par-tout ailleurs ? La raiſon qu'on en donne en diſant que la vapeur de l'eau épaiſſit l'air, a bien quelque vraiſemblance ; mais on la fait trop valoir, quand on attribue des effets ſenſibles à ce prétendu épaiſſiſſement de l'air. L'expérience précédente a fait voir qu'on ne fait varier conſidérablement ſa réſiſtance qu'en faiſant naître des différences conſidérables dans la denſité ; & des épreuves que j'ai pluſieurs fois repé-

tées avec ſoin, m'ont appris que le fait en queſtion eſt pour le moins une exagération. Si quelqu'un s'eſt apperçu qu'il n'atteignoit point les objets étant ſur l'eau, comme lorſqu'on tire ailleurs, c'eſt qu'il a été trompé par la diſtance, qui nous paroît toujours moindre quand nous ne voyons qu'une étendue trop uniforme, & que nous n'y trouvons pas d'objets qui nous aident à l'eſtimer. Ainſi il ne ſeroit pas ſurprenant qu'on eût manqué de tuer à 60 pas un oiſeau, qu'on croyoit tirer à 50 ; mais la denſité du milieu augmentée par la vapeur de l'eau auroit bien peu de part à cet effet.

JUSQUES ICI nous avons conſidéré le milieu comme tranquile; mais s'il eſt agité, ſa réſiſtance ſera augmentée ou diminuée par ſon propre mouvement. Le poiſſon qui remonte le courant d'une riviére, a deux réſiſtances à vaincre: l'une eſt le mouvement de l'eau dont la direction eſt contraire à la ſienne; l'autre eſt l'inertie du volume auquel il répond, & qu'il doit déplacer comme il feroit dans une eau dormante. Un homme

qui marche contre le vent, a la même chose à faire ; & c'est pour cette raison, que quand on fait mouvoir un corps contre la direction d'un fluide dont le mouvement est rapide, on diminue son volume autant qu'il est possible pour donner moins de prise à l'effort du courant. Un vaisseau qui a le vent contraire, plie ses voiles ; & en pareil cas, le batelier fait asseoir ceux qu'il passe d'un bord à l'autre de la riviére.

Si le mobile & le fluide qui lui sert de milieu, se meuvent tous deux dans la même direction ; ou ils ont des vîtesses égales, ou l'un des deux en a plus que l'autre : dans le premier cas, la résistance du milieu est nulle ; tel est le mouvement d'un poisson qui suit précisément le courant de l'eau : dans le dernier cas, celui des deux qui a le plus de vîtesse en communique à l'autre aux dépens de celle qu'il a. Un boulet de canon qui part dans la direction du vent, ne trouve pas autant de résistance dans l'air, qu'il en souffriroit dans un tems calme ; mais comme il va plus vîte que le vent, il faut toujours qu'il s'ouvre un passage dans

ce milieu qui fuit devant lui avec trop de lenteur. Si l'on connoît par les régles que nous avons établies, quelle feroit la résiftance d'un milieu, s'il étoit en repos ; on connoîtra de même ce que fon degré de vîteffe pour ou contre, ajoute ou diminue à cette réfiftance.

ARTICLE II.

De la réfiftance des frottemens.

POUR fe faire une jufte idée des frottemens, il faut obferver que la furface d'un corps quelconque n'eft jamais parfaitement unie : quand on fuppoferoit que toutes les parties folides qui la compofent font exactement dans le même plan, (& quand cela fe trouve-t-il ?) les pores qui les féparent nous obligeroient encore à nous repréfenter cette fuperficie comme un affemblage de petites éminences & de petites cavités. Suppofons que deux plans de cette efpéce fe touchent dans toute leur étendue, les parties hautes de l'une entreront dans les creux de l'autre, comme il arrive à-peu-près à une pe-

lote couverte de velours,que l'on pose ſur un tapis de même étoffe ; ou bien ſi c'eſt un corps ſolide que l'on plonge dans un liquide, celui-ci en conſéquence de la ténuité & de la fluidité de ſes parties, ſe moule exactement dans toutes les cavités de l'autre, comme on peut le remarquer par l'humidité qu'on y apperçoit quand il en ſort.

S'il s'agit maintenant de faire parcourir à un corps la ſurface d'un autre corps, cela peut s'exécuter de deux maniéres différentes qu'il eſt important de bien diſtinguer: 1°. En appliquant ſucceſſivement les mêmes parties de l'un à différentes parties de l'autre, comme quand on fait gliſſer un livre ſur une table : & nous nommerons ce frottement, celui de la premiere eſpéce. 2°. En faiſant toucher ſucceſſivement différentes parties d'une ſurface à différentes parties d'une autre ſurface, comme lorſqu'on fait rouler une boule ſur un billard : & nous nommerons ce dernier frottement,de la ſeconde eſpéce.

Dans le premier cas, le mouvement que l'on fait faire à celui des deux

corps qui passe sur l'autre, a une direction perpendiculaire à celle selon laquelle les parties des surfaces sont réciproquement engagées. Car selon notre supposition, la surface que l'on fait glisser horizontalement, est celle d'un corps grave que son poids appuye verticalement sur la table; & cette espéce de frottement occasionne souvent la rupture de ces petites éminences qui forment l'inégalité des superficies; comme on peut le remarquer par la poussiére qu'on fait naître de deux marbres, ou de deux morceaux de bois dressés, qu'on frotte l'un sur l'autre un peu rudement.

Dans le second cas, ces mêmes parties engagées se quittent à-peu-près comme les dents de deux roues de montre se désengrennent en roulant l'une sur l'autre : s'il arrive qu'elles aient peine à se quitter, c'est qu'il y a disproportion entre les parties saillantes, & les vuides qui les reçoivent; mais jamais cette derniére espéce de frottement n'est aussi efficace que l'autre, pour rallentir le mouvement.

L'uſage où l'on eſt d'enrayer les roues des voitures dans les deſcentes rapides, nous fournit un exemple familier des différens effets que produiſent ces deux ſortes de frottemens. Quand on craint qu'un carroſſe, ou une charrette, ne ſe précipite en deſcendant trop vîte, on empêche les roues de tourner ſur leur axe; alors le même point de la circonférence traîne ſucceſſivement ſur une ſuite de points pris ſur le terrain; c'eſt un frottement de la premiére eſpece, qui réſiſte conſidérablement au mouvement de la voiture. Il n'en eſt pas de même quand chaque roue tourne à l'ordinaire ſur ſon eſſieu; elle ſe déploie ſur les différentes parties du plan qu'elle a à parcourir; ſon frottement, quant à ſa circonférence, n'eſt que de la ſeconde eſpéce; & ſon mouvement beaucoup plus libre, le ſeroit trop s'il ſe trouvoit encore favoriſé par une pente trop roide.

Il n'eſt pas auſſi facile d'eſtimer la réſiſtance qui vient des frottemens, que celle des milieux conſidérés par rapport à leur denſité, au volume & à la vîteſſe du mobile qui les dé-

place. Le paſſage ſucceſſif d'une ſurface ſur une autre, eſt d'autant plus retardé, qu'elles ont toutes deux plus d'inégalités ; mais ce *plus* ou ce *moins* varie à l'infini, non-ſeulement par la nature des corps, mais auſſi par le degré de perfection qu'ils peuvent recevoir de l'art. Un ouvrier ne peut jamais dire qu'il a poli également deux morceaux du même bois, du même métal, de la même pierre, &c. & quand il auroit une régle certaine pour s'en aſſûrer, on ne pourroit pas compter ſur la conſtance de cet état ; toutes les matiéres s'uſent & s'altérent peu à peu, & ces accidens dont on ne peut guéres eſtimer la valeur, augmentent quelquefois, & plus ſouvent diminuent le poli des ſurfaces.

Les autres quantités qui entrent dans l'évaluation des frottemens, la grandeur des ſuperficies, la preſſion qu'elles ont l'une ſur l'autre, leur degré de vîteſſes, ſont des choſes plus faciles à meſurer ; mais comme leur valeur eſt relative à l'état actuel des ſurfaces, il reſte toujours beaucoup d'incertitude dans l'eſtimation des

resistances qui en resultent. On se contente pour l'ordinaire d'un à-peu-près qui souvent n'en est point un, en supposant qu'un tiers de la puissance, ou du mouvement imprimé à une machine, est employé à vaincre les frottemens ; mais on voit bien que cela doit s'entendre d'une machine en grand, & qu'il doit y avoir beaucoup de varieté, suivant son degré de simplicité, & selon la perfection des piéces qui la composent.

Quelques Physiciens * ont prétendu que la grandeur des surfaces n'entroit pour rien dans le frottement, & qu'on ne devoit avoir égard qu'au degré de pression. « Un corps, disent-» ils, qui a plus de largeur que d'épais-» seur, ne doit pas faire plus de résis-» tance quand on le traîne sur sa plus » grande surface, que lorsqu'il frotte » par son côté le plus étroit ; parce » que la pression qui vient de son » poids, étant la même dans l'un & » dans l'autre cas ; si dans le premier » il y a plus de parties engagées, el-» les le sont moins profondément » que dans le second. »

* *M. Amontons, hist. de l'Acad. des Sc. 1699. p. 104. Exp. de M. de la Hire. ibid.*

Ce raisonnement, qui ne conclue-

roit pas ſeul, & auquel on peut en oppoſer bien d'autres *, a été appuyé de quelques expériences très-ingénieuſes, & en apparence très-favorables à l'opinion qu'on vient d'expoſer ; mais dans une matiére comme celle-ci, où l'on ne peut pas tirer des conſéquences du particulier au général, il faut ſe régler ſur ce qui arrive le plus ordinairement. Des épreuves réitérées m'ont preſque toujours fait voir, comme à M. Muſchenbroek qui en a fait beaucoup en ce genre, qu'il falloit compter les ſurfaces pour quelque choſe, pour beaucoup moins cependant que les preſſions ; quant aux rapports des unes & des autres avec les effets, je n'ai rien trouvé d'aſſez conſtant pour en pouvoir faire le fondement d'une exacte théorie.

* *V. l'hiſt. de l'Acad. des Scienc. de 1703. p. 108. & ſ.*

Outre la preſſion & la grandeur des ſurfaces, on doit encore faire entrer la vîteſſe dans l'évaluation des frottemens ; car comme cette ſorte de réſiſtance vient des parties engagées qu'il faut rompre, ou qu'on ne peut dégager qu'en faiſant céder la preſſion qui tient les ſurfaces appli-

quées l'une à l'autre ; il eſt évident que la ſomme des réſiſtances doit être d'autant plus grande, que le corps frottant aura plus de chemin à faire dans un tems déterminé ; parce qu'alors il faut que les parties engagées ſe rompent en plus grand nombre, ou ſe dégagent plus fréquemment.

Mais une choſe très-remarquable, c'eſt que cette augmentation de réſiſtance qui vient de la vîteſſe avec laquelle on fait frotter les ſurfaces, a ſes bornes, au-delà deſquelles on peut accélérer le mouvement, ſans que les frottemens en deviennent plus conſidérables ; ainſi l'on peut dire en quelque façon, qu'en augmentant la cauſe on n'augmente plus ſon effet ; paradoxe qui mérite d'être expliqué.

Suppoſons que *DE*, & *FG*, *Fig.* 8. repréſentent deux ſurfaces de corps durs, dont les inégalités inſenſibles ſoient engrennées les unes dans les autres ; que la preſſion qui les joint, agiſſe dans la direction *AB*, perpendiculaire à celle du mouvement qui fait gliſſer ces deux corps l'un ſur l'au-

tre. On voit bien que celui de dessus ne peut se mouvoir selon la direction *B C*, à moins que ses parties les plus élevées *e*, *f*, *g*, *h*, ne se dégagent des creux dans lesquels elles sont enfoncées, ce qui ne se peut faire qu'autant que le corps entier *D E*, sera soulevé contre l'effort de la pression. Si cette pression est assez grande pour faire retomber ces parties qui ont été dégagées, dans les creux qui suivent immédiatement ceux qu'elles ont quittés, c'est-à-dire, que la partie *e*, sortant du 1 retombe au 2, au 3, &c. il est visible que l'effort qu'il faudra faire pour soulever le corps *D E*, ou (ce qui est la même chose) pour désengrenner les parties, se répetera autant de fois qu'il y a de ces petites élévations à la surface *FG*; & plus le corps frottant fera de chemin dans un tems donné, sur celui auquel il est appliqué, plus ces soulévemens & ces rechûtes auront lieu: ainsi la résistance des frottemens augmente par la vîtesse, tant que cette vîtesse n'empêche pas que les parties hautes d'une surface se logent successivement dans toutes les parties

basses de l'autre surface, de la maniére qu'on vient de l'exposer.

Mais il peut arriver que le mouvement qui se fait selon la direction *B C*, soit si rapide, que lorsque les parties saillantes *e*, *f*, *g*, *h*, ont été dégagées, elles soient entraînées d'une quantité considérable avant que la pression les engage de nouveau; que la partie *e*, par exemple, ayant quitté le 1. creux de la surface *F G*, au lieu de retomber dans le 2, soit transportée jusqu'au 3, ou jusqu'au 4, & alors on conçoit aisément que le corps frottant *D E*, pourra parcourir 2. ou 3. fois autant de surface sur *F G*, sans cependant que ses parties y soient plus fréquemment engagées.

Les expériences que je vais rapporter, feront voir ce qui m'a paru invariable dans les frottemens; 1°. Que le frottement de la premiére espéce fait beaucoup plus de résistance, que celui de la seconde. 2°. Que le frottement augmente par l'augmentation des surfaces, toutes choses égales d'ailleurs. 3°. Que la pression fait croître aussi la résistance du frottement, de quelque espéce qu'il

ſoit. 4°. Qu'à proportions égales, la réſiſtance des frottemens augmente plus conſidérablement par les preſſions que par les ſurfaces.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La *Figure* 9. repréſente un inſtrument composé, 1°. de quatre rouleaux, 1, 2, 3, 4, ſuſpendus par des pivots très-fins dans deux doubles montans *P P*; 2°. d'un autre rouleau plus grand que les précedens, & dont l'axe *O O* a dans toute ſa longueur environ deux lignes ½ de diamétre, & ſe termine par deux pivots d'acier, qui roulent dans deux vis *QQ*, percées ſelon leur longueur, ou bien ſur les deux interſections des deux paires de rouleaux; un reſſort ſpiral fixé d'une part à l'un des doubles montans, & de l'autre à l'axe de ce dernier rouleau, le fait tourner alternativement ſur deux ſens, & l'on compte la durée du mouvement du rouleau par le nombre des vibrations du reſſort: 3°. d'une piéce *R*, repréſentée ſeule par la *Fig.* 10. qui repoſe ſur l'axe

l'axe du rouleau, tantôt par une surface *s*, tantôt par deux autres *tt*, semblables à *s*, & au bout de laquelle on attache un ou plusieurs petits poids, pour augmenter la pression sur l'axe. Quand on tend le ressort, on avance le levier *V*, pour appuier un des croisillons du grand rouleau, afin d'être sûr du degré de tension, & pour le détendre avec justesse.

On met d'abord les pivots du rouleau dans les trous des vis *QQ*, & ensuite on les fait reposer sur les intersections des rouleaux, sans charger l'axe de la piece *R*; & dans l'une & dans l'autre épreuve, on a soin que le ressort soit tendu également.

EFFETS.

Le ressort ayant été détendu, si dans le premier cas on a compté 29 ou 30 vibrations avant que le mouvement cesse entiérement; dans le second on en compte environ 400, dont chacune dure près d'une seconde.

EXPLICATIONS.

L'expérience précédente considérée dans les deux faits qu'elle établit,

prouve visiblement que les frottemens, de quelque sorte qu'ils soient, détruisent le mouvement par une résistance qui ne différe que du plus au moins. Mais elle fait voir en même tems, que des deux espéces de frottemens que nous avons distinguées, la premiére a des effets bien plus considérables que l'autre : quand les pivots tournent dans les vis percées, c'est un frottement de la premiére sorte ; toute leur surface cylindrique passe successivement sur la partie inférieure de chacun des trous : quand au contraire ces mêmes pivots font tourner par leur mouvement les rouleaux qui les portent, ce n'est plus qu'un frottement de la seconde espéce ; car alors la circonférence des uns ne fait plus que se développer sur celle des autres ; la partie qui a touché, ne touche plus l'instant d'après, & celle qui la précéde lui sert de point d'appui, pour se dégager suivant une direction favorable, comme la dent d'une roue qui commence à engrenner le pignon, favorise le desengrenage de celle qui avoit engrenné avant elle.

APPLICATIONS.

Rien n'eſt ſi commun que les effets du frottement ; on les rencontre par-tout, & l'on peut dire en général que c'eſt la principale cauſe des altérations & du dépériſſement que nous remarquons dans tous les ouvrages de l'art, & ſur-tout dans ceux dont nous faiſons un fréquent uſage : Les habits, les meubles, les bijoux, les inſtrumens, &c. ne durent qu'un certain tems, parce que les frottemens, auſquels ils ſont continuellement expoſés, changent inſenſiblement les ſurfaces & les formes, & leur font perdre les qualités qui en dépendent. Les matiéres les plus dures & les plus ſolides, ne tiennent point contre un long ſervice ſans donner des marques de diminution ; un raſoir, un couteau, une hache perdent bientôt le fil de leur tranchant; Le ſoc d'une charrue a beſoin d'être réparé de tems en tems ; & le cheval dont le pied gliſſe ſur le pavé, y laiſſe une trace où les yeux les moins attentifs ne peuvent méconnoître les parties de ſon fer, que le frottement

y a fait rester. Mais comme rien ne s'anéantit dans l'univers, toutes ces particules ainsi détachées de leurs masses, se mêlent avec différentes matiéres, dans lesquelles elles se retrouvent lorsqu'on y pense le moins. De bons Physiciens ont été surpris de trouver du fer dans l'argile, & dans la cendre des plantes, parce qu'ils ne faisoient point assez d'attention à la prodigieuse divisibilité des métaux en général, & en particulier à la dispersion continuelle qui se fait des parties de celui-ci, tant par les outils que l'on use à cultiver la terre, que par une infinité d'autres usages qui le mettent en état d'être répandu par tout. D'autres plus attentifs à cette grande & continuelle consommation des ouvrages de fer, l'ont reconnu, ce métal, dans la boue des grandes villes, & lui ont attribué la couleur noire qu'elles ont, & dont il est très-vraisemblablement la cause. Si l'or étoit aussi commun que le fer, & qu'on en fît un usage aussi fréquent & aussi étendu, ne doutons pas qu'on ne le rencontrât de même dans toutes les matiéres où l'on prendroit la

peine de le chercher avec ſoin : mais celui qui l'auroit trouvé quelque part que ce pût être, ſeroit-il en droit de dire qu'il a fait de l'or ? pas plus, ce me ſemble, que celui qui trouve aujourd'hui du fer dans la cendre, ne peut ſe vanter d'avoir fait du fer. Parmi tous ces fameux Adeptes qui ont enrichi le monde de leurs promeſſes, s'il s'eſt trouvé quelque faiſeur d'or qui le fût de bonne foi, c'eſt que dans un grand nombre de matiéres paſſées au creuſet, il ſe ſera trouvé par hazard quelque parcelle d'or qui ne devoit rien autre choſe à l'opération de l'artiſte, que de l'avoir ſéparée des corps étrangers dans leſquels elle étoit cachée. Faire de l'or de cette maniére me paroît une choſe poſſible, mais je doute fort qu'on en fît aſſez pour payer la dépenſe du charbon.

Si les frottemens nuiſent en beaucoup d'occaſions, il y en a bien d'autres auſſi où nous les mettons à profit ; les arts ont ſçû tourner à leur avantage, juſques aux choſes même qui ſemblent oppoſées à leur progrès. Une lime n'eſt autre choſe qu'une ſurface hériſſée exprès de pointes

& de tranchans ; ſon frottement ſur les matiéres les plus dures, eſt un moyen très-commode de les figurer à ſon gré par une diminution de volume bien ménagée ; auſſi cet outil eſt-il en uſage dans un grand nombre de métiers. L'ouvrier intelligent qui l'employe, tire du même moyen différens avantages ſuivant les modifications qu'il y met. Tantôt pour gagner du tems, il fait agir une lime dont l'âpreté exige plus de force de ſa part ; tantôt il la choiſit d'une taille plus fine, pour adoucir ce que la premiére n'a fait qu'ébaucher ; & enfin quand la plus douce de ſes limes ne l'eſt point encore aſſez, il la frotte d'huile qui retient les parties du métal à meſure qu'elles ſe détachent ; par ce moyen les petits creux de l'outil ſe rempliſſent, de façon que ſes pointes en deviennent plus courtes, & ſa ſurface moins rude.

Ce que nous diſons des limes, doit s'entendre des meules & autres pierres à aiguiſer, qui n'en différent, quant à l'effet du frottement, que par une plus grande dureté.

Les compas, & généralement tous

les instrumens à charniéres, qui doivent rester ouverts ou fermés à différens degrés, tiennent pour l'ordinaire cette propriété d'un frottement bien égal ; & l'on gagne beaucoup de tems dans l'usage qu'on en fait, quand on n'est point obligé de les fixer par d'autres moyens, comme lorsqu'on les arrête avec des vis ou autrement.

On diminue la résistance des frottemens, en enduisant les surfaces de quelque fluide ou de quelque matiére grasse. On frotte de savon les bords d'une boëte dont le couvercle tient trop ; on met de l'huile aux charniéres pour en faciliter le jeu ; on graisse les moyeux des roues en-dedans ; ce sont autant de moyens par lesquels on remplit les inégalités les plus grossiéres des surfaces, & qui par conséquent les rendent plus lisses & plus propres à glisser l'une sur l'autre. D'ailleurs les parties de ces fluides ou de ces corps gras interposés, changent l'espéce du frottement : ce sont autant de petits globules qui roulent entre les surfaces, qui leur servent de véhicule commun, & qui font en petit ce que nous voyons d'une ma-

niére plus ſenſible, quand on met des rouleaux ſous une pierre, ou ſous une poutre, pour en faciliter le tranſport.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On laiſſe les pivots du grand rouleau ſur les interſections des 4 petits : & l'on tend le reſſort au même degré que dans l'expérience précédente. On fait d'abord poſer la piéce *R* ſur l'axe du grand rouleau par une ſeule ſurface *s*, & avec ſon propre poids ſeulement ; & enſuite on la retourne pour faire porter les deux ſurfaces *tt*, ſans augmenter le poids, & l'on compte les vibrations dans l'un & dans l'autre cas.

EFFETS.

Lorſque le frottement ſe fait par une ſeule ſurface, comme dans le premier cas, on compte 40 vibrations ; lorſque la ſurface qui frotte eſt double, comme dans le ſecond, on n'en compte plus que 29 $\frac{1}{2}$; toutes choſes étant égales d'ailleurs, ainſi qu'on l'a ſuppoſé.

EXPLICATIONS.

L'inégalité des ſurfaces étant la cauſe premiére des frottemens, il eſt bien plauſible qu'en augmentant l'étendue qui frotte, on doit faire croître auſſi le nombre de ces inégalités: s'il ſe trouve quelque cas où cela n'arrive point ſenſiblement, ce ſera ſans doute une exception dûe à la diſpoſition particuliére des ſuperficies, ou bien lorſqu'on employera une ſi grande quantité de mouvement, que la réſiſtance des frottemens deviendra trop peu conſidérable pour être meſurée, & par conſéquent pour être comparée. Mais comme dans les grandes machines, où les frottemens ſont d'une bien plus grande conſéquence qu'ailleurs, les piéces ont toujours des ſurfaces aſſez rudes, nous croyons qu'on ne doit point négliger la quantité de leur étendue. On voit cependant par l'expérience précédente, que la réſiſtance des frottemens, quoique dépendante en partie de la grandeur des ſurfaces, ne la ſuit pas dans toutes ſes proportions. Dans l'un des deux cas cités la ſuper-

ficie étant double, les frottemens ne font point doublés : & il feroit très-difficile, pour ne rien dire de plus, de déterminer le rapport de ces réfiftances avec une quantité de furface donnée.

APPLICATIONS.

Les frottemens confidérés en raifon des furfaces, retardent la vîteffe de tous les corps indifféremment : nous venons de le prouver pour les folides, & l'on peut remarquer tous les jours que la même chofe fe paffe à l'égard des fluides & des liqueurs. Les jets d'eau ne s'élévent jamais à la hauteur à laquelle ils devroient monter, eu égard à leur quantité de mouvement ; & les riviéres coulent plus lentement dans le tems des eaux baffes.

L'eau qui eft amenée par un tuyau & qui rejaillit en l'air, éprouve par tout du frottement ; la furface intérieure & immobile du tuyau la retarde d'une part, & quand elle paffe dans l'air, elle doit être regardée encore comme dans un autre tuyau, dont la furface ne différe de l'autre

que par la rareté & par la mobilité de ſes parties.

Quoique la ſurface d'un gros tuyau ſoit plus grande que celle d'un plus étroit, elle eſt cependant moindre relativement à ſa capacité ; car c'eſt une choſe démontrée, que celui qui a 2 pouces de diamétre (nous parlons de tuyaux ronds & cylindriques) contient quatre fois plus d'eau que celui dont le diamétre n'eſt que d'un pouce ; & que la circonférence du premier n'eſt que deux fois auſſi grande que celle du dernier. On voit par-là que dans de pareils tuyaux, le frottement qui vient des ſurfaces, diminue à meſure qu'on augmente la capacité ; puiſque ſi le volume d'eau qui eſt quadruple dans le plus gros, étoit contenu dans quatre ſemblables au petit, il répondroit à des ſurfaces dont la ſomme ſeroit double de celle qui le contient. L'expérience eſt tout-à-fait d'accord avec cette théorie ; car plus on diminue la capacité des tuyaux dans les pompes, dans les aqueducs, dans les fontaines, &c. plus on trouve de retardement dans la vîteſſe des eaux.

C'eſt par la même raiſon, que les riviéres ſont plus rapides dans le tems des grandes eaux ; les frottemens qu'elles ont à vaincre de la part de leurs lits ſont partagés alors à une maſſe plus conſidérable, & s'oppoſent moins par conſéquent au mouvement du fluide.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

L'inſtrument étant diſpoſé comme dans l'expérience précédente, il faut que la piéce *R* repoſe ſur l'axe du grand rouleau par la ſurface *s*, & attacher en *X* le petit poids *Y* qui double la preſſion.

EFFETS.

Dans ce dernier cas on ne compte que 21 vibrations, quoique le reſſort ait été tendu comme dans les épreuves précédentes.

EXPLICATIONS.

Le poids qu'on ajoute augmentant la preſſion, fait croître auſſi le frottement, parce que les parties des

ſurfaces qui s'engagent mutuellement, s'enfoncent bien plus avant, & réſiſtent davantage au mouvement qui tend à les ſéparer. On voit par cette derniére expérience, qu'une double preſſion fait plus qu'une ſurface augmentée de moitié ; car nous avons vu précédemment, qu'en faiſant frotter deux ſurfaces au lieu d'une, le nombre des vibrations n'a été diminué que d'un quart, & nous voyons maintenant qu'en mettant la preſſion double, il ne ſe fait plus que 21 vibrations au lieu de 40, ce qui eſt preſque la moitié de diminution.

APPLICATIONS.

Dans les grandes chaleurs les mouvemens d'horlogerie ſe rallentiſſent ſenſiblement ; cet accident qui dérange les pendules & les montres, dépend ordinairement de pluſieurs cauſes qui concourent au même effet. Il en eſt une à laquelle on fait peu d'attention, mais qui mérite cependant d'être comptée comme les autres : c'eſt le frottement qui augmente par la preſſion à meſure que les piéces s'échauffent. Car on ſçait, &

nous le prouverons quand il en sera tems, que les métaux ainsi que toutes les autres matiéres augmentent en volume par le chaud, comme ils diminuent de grandeur par le froid; la même cause dilatant les platines rend les troux plus étroits, & grossit les pivots, de maniére que par ce double effet, le frottement augmente par pression, & le mouvement en est d'autant plus gêné.

Un Tourneur qui façonne un morceau de métal entre deux pointes fixes, est quelquefois surpris de sentir que sa piéce résiste au mouvement de l'archet après avoir tourné librement pendant quelques minutes; c'est que le frottement augmente par la pression à mesure que le métal s'allonge en s'échauffant: aussi le remède le plus prompt & le plus en usage, c'est de le mouiller avec un peu d'eau pour le refroidir.

Le service que l'on tire des pinces, des tenailles, & de tout ce qui est analogue à ces instrumens, ne vient encore que d'un frottement augmenté par une forte pression.

Une remarque qu'il est à propos

de faire ici, c'eſt que les machines qui font leur effet en petit, ne le font pas toujours quand on vient à les exécuter en grand, quoiqu'on y garde les mêmes proportions : cela vient pour l'ordinaire de ce que les frottemens ne ſuivent point dans leur accroiſſement, la proportion des ſurfaces ſeulement, mais plutôt celles des preſſions qui augmentent aſſez ſouvent, comme le poids ou la ſolidité des piéces ; c'eſt-à-dire, par exemple, que ſi dans le modéle on avoit reduit toutes les dimenſions au pouce pour pied, en conſtruiſant en grand, le chevron qui auroit 12 pieds de long, & 6 pouces d'écarriſſage, peſeroit 1728 fois autant que ce qui le repréſente en petit, s'il eſt de même matiére. Cette conſidération qu'on ne peut négliger quand on a des principes, fait quelquefois juger déſavantageuſement d'une machine dont le ſuccès paroît être aſſuré par l'expérience même.

De tout ce que nous avons dit & prouvé touchant la réſiſtance des milieux & des frottemens, il faut conclure que dans l'état naturel il ne

peut y avoir aucun mouvement méchanique inaltérable ; 1°. parce qu'un corps ne peut ſe mouvoir que dans un eſpace, & qu'il n'y a aucun lieu parfaitement vuide de toute matiére ; 2°. parce qu'un corps, tel qu'il ſoit, ne peut exercer ſon mouvement que ſur quelque ſurface, ou bien il faut le ſuſpendre à quelque point fixe, autour duquel il ſe puiſſe mouvoir : dans l'un & dans l'autre cas il y a frottement ou ſur le plan, ou au point de ſuſpenſion, ou dans le milieu même dans lequel il paſſe. La quantité du mouvement qu'on lui aura imprimée, ſera donc néceſſairement diminuée par ce double obſtacle : ainſi pour ſe mouvoir perpétuellement, il faudroit qu'il prît à chaque inſtant de nouvelles forces, pour réparer celles qu'il perd ; ce qui eſt contraire à la premiére loi du mouvement, qui veut qu'un mobile garde conſtamment l'état qu'on lui a fait prendre, ſi cet état n'eſt changé par une cauſe nouvelle. Delà il paroît évidemment démontré qu'il ne peut y avoir de mouvement perpétuel méchanique dans l'état naturel, & que ceux

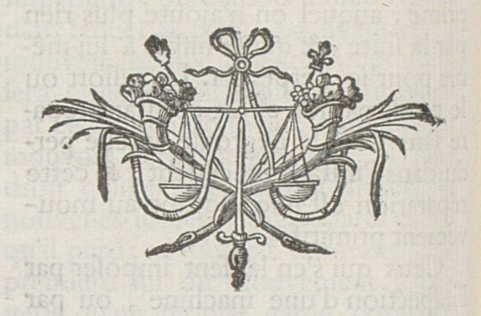
qui

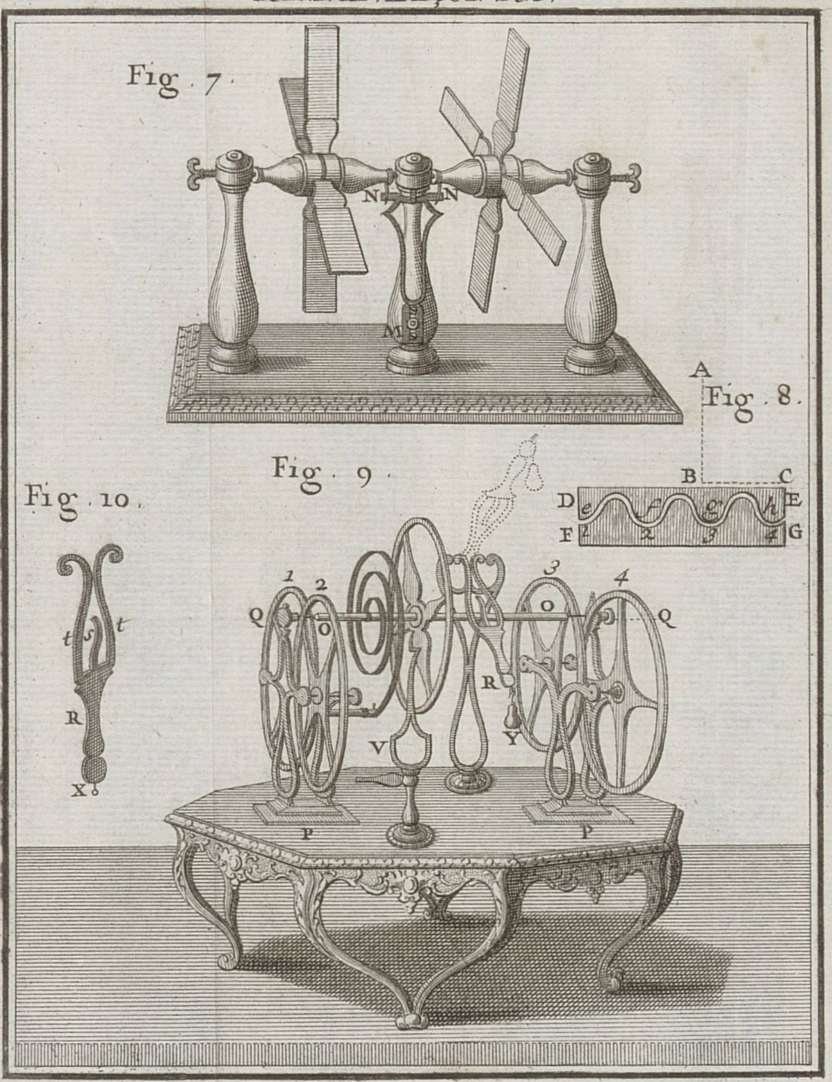
qui le cherchent avec obſtination, & qui multiplient les frais dans cette vûe, perdent leur tems, leurs peines, & leurs dépenſes.

Si quelqu'un prend pour perpétuel, le mouvement d'un pendule qui continue ſes vibrations égales au moyen d'un reſſort ou d'un poids qu'on remonte au bout d'un tems, ou toute autre choſe équivalente, il n'entend pas l'état de la queſtion; car il s'agit d'un mouvement une fois imprimé, auquel on n'ajoute plus rien par la ſuite, & qui ſe ſuffiſe à lui-même pour ſe perpétuer. Le reſſort ou le poids par ſon effort conſtant, répare ſans ceſſe le degré de vîteſſe perdu dans l'inſtant précédent, & cette réparation eſt une addition au mouvement primitif.

Ceux qui s'en laiſſent impoſer par l'inſpection d'une machine, ou par une prétendue démonſtration géométrique, ſur laquelle on s'appuye quelquefois, pour établir la découverte du mouvement perpétuel, ſont les dupes de la mauvaiſe foi ou d'un paralogiſme qui ne tiennent guéres contre des gens inſtruits. Le

mouvement perpétuel eſt la pierre philoſophale de la méchanique ; ordinairement ceux qui s'y heurtent, ne ſont pas fort initiés dans cette ſcience, de même qu'une recherche obſtinée de la quadrature du cercle, ou du grand œuvre, n'annoncent à preſent ni un Géométre ſublime, ni un habile Chymiſte.





Dheulland del. et Sculp.



IV. LEÇON.

Suite des Loix du Mouvement simple.

Des causes qui changent la direction du Mouvement.

APRE'S avoir enseigné dans la derniére section de la leçon précédente, ce qui diminue indispensablement la vîtesse du mobile, il nous reste à faire connoître les causes qui changent sa direction, quand il ne garde pas celle qu'il avoit d'abord. Mais pour le faire d'une maniére plus intelligible, nous commencerons par établir la seconde & la troisiéme loi du mouvement simple, sur lesquelles sont fondées la plûpart des choses que nous avons à dire touchant cette matiére.

Seconde Loi du Mouvement ſimple.

Le changement qui arrive en plus ou en moins au mouvement d'un corps, eſt toujours proportionnel à la cauſe qui le produit.

Dans un mobile dont on ſuppoſe la maſſe conſtante, il n'y a de variables que ſa vîteſſe & ſa direction : pour changer l'une ou l'autre, il faut une force poſitive qui n'eſt point dans le mobile avant le changement, & qu'il n'a pas la faculté de ſe donner à lui-même. Cette force, quand elle agit, ne peut produire que ce dont elle eſt capable, ainſi l'on peut juger de ſa valeur par celle de ſon effet. Comme une livre de plomb dans le baſſin d'une balance, n'a ni plus ni moins que le poids d'une livre, on ne doit pas s'attendre que ſon action contre l'autre baſſin excéde, ou vaille moins qu'un pareil poids, ſi la balance eſt juſte ; & réciproquement ſi ce dernier baſſin eſt tenu en équilibre, on peut en toute ſureté conclure que le poids de l'autre part qui en eſt la cauſe, égale une livre.

Troisiéme Loi du Mouvement simple.

La réaction est égale à la compression.

Lorsqu'un corps en mouvement, ou qui tend à se mouvoir, agit sur un autre corps, il le comprime, & ce dernier exerce réciproquement sur lui une compression égale. Quand avec le bout du doigt j'appuye sur un bassin vuide de balance, pour soulever une livre de plomb qui est dans l'autre bassin, c'est la même chose que si je recevois la livre de plomb sur le bout de mon doigt pour la soutenir. Qu'un homme sur le rivage tire son bateau à bord avec une corde, ou qu'il se tienne dans le bateau pour tirer la même corde attachée à un pieu sur le rivage, il s'ensuivra le même effet; car la résistance ou la réaction du point fixe, égale l'action de celui qui agit contre elle.

Examinons maintenant comment un mobile change de direction, & quelle régle il suit dans ce changement.

Quand un corps en mouvement change de direction, c'est qu'il y est

forcé par un obſtacle ; car ſelon la premiére loi, il tend de lui-même à perſévérer dans ſon état : mais cet obſtacle peut être une matiére fluide, dans laquelle il s'ouvre un paſſage ; ou bien un corps ſolide qui lui oppoſe toute ſa maſſe à cauſe de la liaiſon de ſes parties. Une pierre jettée dans l'eau nous repréſente le premier cas ; une balle de paume lancée contre la muraille, eſt un exemple du ſecond.

PREMIERE SECTION.

Du changement de Direction occaſionné par la rencontre d'une matiére fluide.

SI le mobile que l'on a déterminé vers un certain point, vient à rencontrer quelque matiére fluide, ou comme telle à ſon égard, il ne fait que paſſer d'un milieu dans un autre ; & ordinairement ces milieux ne ſont point également pénétrables pour lui, ſoit par la différence de leurs denſités, ſoit par quelque autre cau-

ſe qu'il n'eſt point tems d'examiner ici. Ce plus ou moins de réſiſtance qu'il éprouve en entrant dans le nouveau milieu, ne manque point de lui faire quitter ſa premiére direction, toutes les fois qu'il entre obliquement; & ce changement ſe nomme *réfraction*, pour faire entendre que la direction du mobile eſt comme briſée à l'endroit où les deux milieux ſe joignent. Eclairciſſons ceci par une figure, & par quelques exemples.

Suppoſons un grand baſſin plein d'eau dont la coupe ſoit repréſentée par *A B C D*, *Fig.* 1. & une pierre, ou tout autre corps dur *E*, placé dans l'air, & que l'on dirige vers la ſurface de l'eau avec aſſez de vîteſſe pour l'y faire entrer, & l'y faire continuer ſon mouvement.

Pour cet effet, on ne peut diriger cette pierre que de deux maniéres; ſçavoir par la ligne perpendiculaire *P F*, ou bien par une ligne oblique priſe entre *P F*, & *C F*. Car il eſt évident que ſi elle ſuivoit *C F*, ou ſa parallele, elle n'entreroit jamais dans l'eau, ou (ce qui eſt la même choſe) elle ne changeroit point de milieu.

Si le corps *E* vient à la ſurface de l'eau par la ligne *P F*, il continue de ſe mouvoir par *Fp* , & ſa direction ne reçoit aucun changement.

Mais s'il ſuit une ligne oblique comme *e F* ; dès qu'il ſera parvenu en *F*, l'eau ſera pour lui un milieu *réfringent* : au lieu de continuer ſon mouvement par *FG*, il prendra une nouvelle direction qui ſera entre *FG* & *F A*, telle, par exemple, que *FH*. C'eſt-à-dire, que la pierre, ou en général le mobile, ſouffrira réfraction, & que cette réfraction l'éloignera de la perpendiculaire imaginée *Fp*, plus qu'il n'auroit fait, s'il avoit continué de ſe mouvoir ſelon ſa premiére direction.

La réfraction ſe feroit en ſens contraire, ſi le mobile paſſoit d'un milieu plus réſiſtant, dans un autre qui le fût moins, par exemple, s'il ſortoit de l'eau pour entrer dans l'air : de façon que s'il avoit décrit la ligne *HF*, il ne continueroit point par *FK*, ni par aucune autre entre *K* & *C*; mais la réfraction qu'il ſouffriroit en *F*, le détermineroit dans une nouvelle direction entre *K* & *P*, ce qui l'appro-

cheroit

cheroit davantage de la perpendiculaire *P F*.

Pour ôter toute équivoque ſur cette perpendiculaire que l'on prend pour ligne de comparaiſon, lorſqu'on veut exprimer en quel ſens ſe fait la réfraction; il eſt bon d'obſerver qu'elle n'a rien de commun avec l'horizon, qu'autant que la ſurface du milieu réfringent eſt horizontale, comme il arrive quand c'eſt un liquide en repos; car c'eſt toujours de la perpendiculaire à cette ſurface qu'il s'agit, dans quelque poſition que puiſſe être le milieu qui cauſe la réfraction. Si, par exemple, au lieu d'une eau dormante telle que nous l'avons ſuppoſée, on choiſiſſoit celle d'une caſcade, ou d'une riviére qui eût une pente conſidérable, pour y lancer une pierre; la perpendiculaire à laquelle on rapporteroit la direction de ce corps, tant avant qu'après ſon entrée dans l'eau, ſeroit une ligne inclinée à l'horizon; elle ſeroit même horizontale, ſi la ſurface refringente étoit verticale.

La réfraction dépend donc de deux conditions, ſans l'une ou l'autre

desquelles elle n'a plus lieu ; la premiére est l'obliquité d'incidence de la part du mobile ; la seconde, qu'il y ait plus de résistance dans un milieu que dans l'autre : prouvons d'abord ceci par des faits, & tâchons ensuite d'en faire connoître la cause.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La machine qui est représentée par la *Fig.* 2. porte à deux pieds ½ au-dessus de sa bâse un petit canon de cuivre *I*, par lequel on fait tomber une balle de plomb du poids d'une once environ, dans un vase de cristal *L*, qui a 12 ou 14 pouces de hauteur, & au fond duquel on a étendu un lit de terre glaise, ou de cire molle, d'un pouce d'épaisseur.

La balle ayant marqué sa place par cette premiére chûte, on la fait tomber de même une seconde fois, après avoir empli d'eau le vaisseau *L*.

EFFETS.

On trouve la balle de plomb après

la ſeconde chûte, dans le même endroit qu'elle avoit marqué en tombant la premiére fois.

EXPLICATIONS.

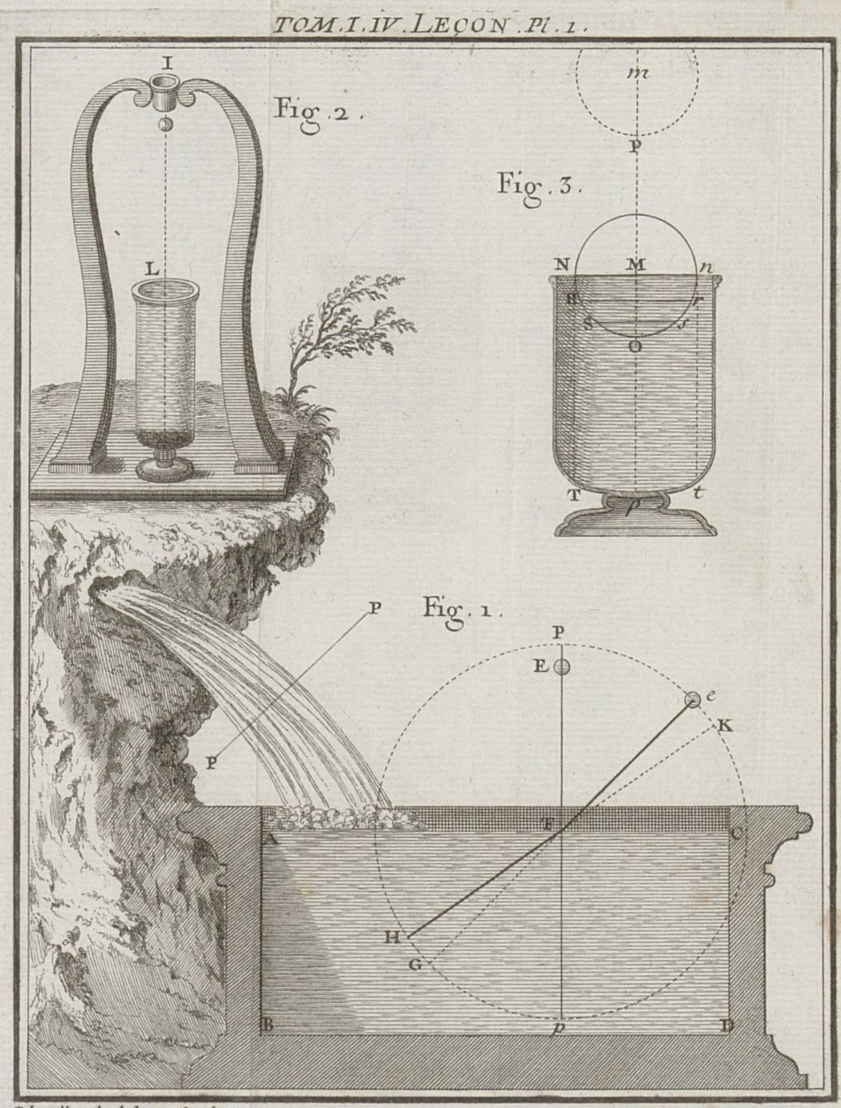
Il paroît par cette expérience, que la balle de plomb a toujours conſervé ſa premiére direction, ſoit qu'elle fît tout ſon mouvement dans l'air, ſoit qu'elle tombât en paſſant de l'air dans l'eau. Mais par quelle raiſon ſe ſeroit-elle détournée, ſi les obſtacles qu'elle a rencontrés ſe ſont toujours oppoſés également de toutes parts; ſi l'effort de ſa péſanteur à qui elle obéiſſoit, n'a jamais eû à vaincre que des réſiſtances qui cédoient toutes enſemble avec la même facilité, ou qui la retardoient de quantités égales? Conſidérons cette balle dans les différens inſtans de ſa chûte.

1°. Lorſqu'elle eſt encore entiérement dans l'air, ce fluide qu'on ſuppoſe en repos, & d'une denſité uniforme autour du mobile, ne fait que retarder la vîteſſe. Mais cette réſiſtance n'influe en rien ſur la direction, puiſqu'elle agit indifféremment en toutes ſortes de ſens.

2°. On peut dire la même chose en considérant la balle dans le tems qu'elle est entiérement plongée dans l'eau; car la difficulté qu'elle trouve à s'ouvrir un passage dans ce liquide, quoique plus grande que dans l'air, ne l'empêche point de tendre au même but; mais seulement d'y arriver avec autant de vîtesse qu'elle en auroit dans un milieu moins résistant.

3°. Enfin si l'on examine ce qui se fait pendant que la balle passe de l'air dans l'eau, & qu'elle est encore partie dans l'un, & partie dans l'autre de ces deux milieux; on concevra facilement que cette immersion ne doit rien changer à sa premiére direction.

Car lorsque le corps *M*, *Fig.* 3. descend par la ligne *P p*; toutes les parties de la surface décrivent des paralléles comme *NT*, *nt*; & la résistance du milieu s'exerce sur tout l'hémisphére *NOn*. Quand il commence à se plonger, l'eau résiste directement en *O*; & à mesure qu'il s'enfonce, les parties *OS*, *SR*, *RN* & leurs correspondantes *Os*, *sr*, *rn*, participent successivement à la résis-



Dheulland del. et Sculp.

tance du nouveau milieu. Mais comme ces différentes parties forment des plans plus obliques les uns que les autres depuis *O* juſqu'en *N*, de part & d'autre ; la réſiſtance de l'eau pendant cette demie immerſion, augmente par des quantités qui vont toujours en décroiſſant.

Dans tout ceci l'on n'apperçoit aucune cauſe qui doive faire perdre au corps *M*, ſa premiére direction ; en conſéquence de ſa figure ſphérique les obſtacles qui ſe rencontrent en *N*, en *R*, en *S*, &c. ſont juſtement compenſés par les réſiſtances qui s'oppoſent aux parties *n*, *r*, *s*, &c. & cet équilibre maintient toujours le centre *M* dans la ligne *Pp*. Cette expérience prouve donc que l'obliquité d'incidence de la part du mobile, eſt abſolument néceſſaire pour la réfraction, puiſque ſans elle il continue ſon mouvement ſuivant ſa premiére direction, quoiqu'il paſſe d'un milieu moins réſiſtant dans un autre milieu qui l'eſt plus.

APPLICATIONS.

Un corps grave que ſon propre

poids fait tomber dans l'eau, doit se trouver au fond, dans un endroit qui réponde perpendiculairement à celui de la surface par lequel il a passé en tombant. Mais 1°. il faut supposer pour cela, que le fluide étoit en repos pendant le tems de la chûte. Car on sçait que ce qui tombe dans une riviére ou dans un torrent, est entraîné par le courant de l'eau en même-tems qu'il obéit à la force de sa pésanteur. C'est pourquoi les gens qui se noyent dans les eaux qui coulent, ne se trouvent jamais vis-à-vis du lieu où ils ont commencé à disparoître.

2°. La figure du corps qui s'enfonce dans un fluide, contribue beaucoup ou à lui faire garder ou à lui faire perdre sa premiére direction indépendamment de la refraction; car cette figure peut être telle qu'elle occasionne des inégalités dans la résistance du même fluide. Si par exemple, au lieu de faire tomber dans l'eau un corps sphérique, tel que celui de notre expérience, on se servoit d'un hémisphére ou de quelque chose semblable, & qu'on le diri-

geât parallelement à sa partie plane; il suit de l'explication que nous avons donnée ci-dessus, que ce dernier mobile plus arrêté d'un côté que de l'autre par le fluide qu'il divise, à cause de sa figure, ne garderoit point sa premiére direction, & qu'il décriroit une ligne courbe, quoique dans un milieu très-uniforme.

C'est une chose qui se trouve bien confirmée par une expérience aussi simple que fréquente. Toutes les fois qu'on jette horizontalement quelque corps tranchant & convexe d'un côté, comme une écaille d'huître, ou toute autre chose équivalente, on ne le voit jamais suivre la direction qu'on lui a donnée; & si l'on a tourné la convéxité en embas, on remarque très-souvent qu'il s'éléve malgré le penchant de son propre poids.

On peut observer aussi que les oiseaux pesants, comme les corbeaux, les pigeons, les pies, &c. quand ils s'abattent après un long vol, ne manquent point de courber leurs aîles & leur queue, pour se donner une figure convexe en dessous; ce

qui les dirige néceſſairement dans une courbe fort allongée qui adoucit leur chûte. Ces mêmes oiſeaux au contraire ſe poſent d'une maniére peſante, & ſe heurtent ſouvent contre la terre lorſqu'ils ſont trop jeunes, parce qu'ils deſcendent par une ligne moins inclinée à l'horiſon, ſoit qu'ils ne ſçachent point encore prendre une figure qui les dirige autrement, ſoit que leurs plumes encore trop courtes, ou leurs membres trop foibles, ne leur permettent pas.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

A B C, *Fig.* 4. eſt un quart de cercle, auquel on a fixé un canon de fuſil ſur le rayon *A B*, & que l'on a attaché à une muraille, ou à quelque choſe d'inébranlable, de maniére cependant qu'il puiſſe tourner ſur le point *B*; à 18 ou 20 pieds de diſtance, eſt un baquet, ou une baignoire de 4 ou 5 pieds de longueur, pleine d'eau, dont on couvre la ſurface avec une gaze tendue, ou avec de grandes feuilles de papier. *F* eſt un

chassis garni de gaze ou de papier, qui a environ 18 pouces de hauteur & 1 pied de largeur. Ce chassis s'éléve perpendiculairement à la surface de l'eau; & sa base *D E*, qui est une planche un peu pesante, se place sur les bords du baquet, à une distance suffisante de son extrémité *G*. Il faut avoir soin de revêtir le petit côté *G* du baquet avec une planche de sapin fort épaisse & bien unie, qui le préserve d'accident, & sur laquelle on puisse appercevoir l'impression d'une balle. Enfin tout étant ainsi disposé, on charge le canon avec de la poudre en suffisante quantité, & avec une balle de plomb qui soit de calibre, s'il est possible; on le dirige vers le point *I*, de maniére qu'il fasse avec la surface de l'eau un angle de 30 ou 40 degrés, & l'on y met le feu avec une petite méche placée en *a*. Voyez la figure citée.

EFFETS.

La balle après avoir percé les deux gazes en *I* & en *K*, au lieu de continuer son mouvement dans cette direction pour venir en *L*, va frapper

la planche de ſapin en *H*, par une ligne qui fait angle avec la premiére qu'elle a ſuivie en venant d'*A* en *K* : ce que l'on apperçoit facilement en faiſant écouler l'eau du baquet, & en plaçant l'œil enſuite en *I* ; car on remarque que le point *H* eſt ſenſiblement au-deſſus de ſa premiére direction, & que la réfraction qu'elle a ſoufferte au point *K*, en entrant dans l'eau, l'a éloignée de la perpendiculaire *P p*, plus qu'elle ne l'auroit été, ſi elle avoit continué de ſe mouvoir directement juſqu'en *L*.

EXPLICATIONS.

C'eſt une ſuite des loix du mouvement, qu'un mobile ſe porte toujours du côté où il trouve moins de réſiſtance ; car l'effet étant proportionnel à ſa cauſe, un corps qui rencontre en même tems deux obſtacles, doit ſouffrir davantage de celui qui eſt le plus fort, & vaincre auſſi plus aiſément celui qui l'eſt moins : or vaincre plus aiſément un obſtacle, c'eſt le repouſſer d'une certaine quantité en moins de tems, ou le repouſſer davantage dans un tems déter-

miné. Car un obſtacle, tel qu'il ſoit, ne céde jamais ſenſiblement dans un inſtant indiviſible ; le plus foible eſt donc celui qui ſe laiſſe vaincre dans un tems plus court.

L'air & l'eau dans leſquels la balle de notre expérience a paſſé ſucceſſivement, ont fait obſtacle l'un après l'autre à ſon mouvement ; mais tant qu'elle a été entiérement dans l'un ou dans l'autre de ces deux milieux, la réſiſtance ayant été également diſtribuée à toutes les parties de l'hémiſphére antérieur, comme nous l'avons fait voir dans l'explication de la premiére expérience, ſa direction n'a point dû changer ; les obſtacles, ou les parties réſiſtantes du fluide ſe faiſant équilibre de part & d'autre, elle a dû perſévérer conſtamment dans la ligne *A K*, & enſuite dans la ligne *K H*.

Si l'égalité des obſtacles contre toutes les parties de l'hémiſphére antérieur *n o p*, *Fig.* 5. entretient le corps *m* dans ſa direction, tant qu'il eſt dans un ſeul & même milieu; il eſt évident qu'en paſſant obliquement de l'air dans l'eau, ce même hémiſphére, pen-

dant tout le tems de ſon immerſion, rencontre des obſtacles plus difficiles à vaincre d'un côté que de l'autre de ſa ſurface. Car, par exemple, le point *R* venant à toucher l'eau, éprouve plus de réſiſtance que le point *Q*, qui ne rencontre encore que de l'air. Ainſi l'équilibre étant rompu entre les obſtacles de part & d'autre, le centre *M* ſe porte du côté des plus foibles, & commence à s'écarter de ſa premiére direction *ST*. Mais comme la différence qu'il y a entre la réſiſtance de l'eau & celle de l'air, eſt principalement fondée ſur le tems qu'il faut employer pour repouſſer l'un ou l'autre de ces deux fluides, cette différence augmente à meſure que la vîteſſe du mobile diminue; car ſi la balle de plomb repouſſoit l'air & l'eau avec une vîteſſe infinie, leurs réſiſtances étant nulles, ou infiniment petites, il n'y auroit point de différence entre elles.

Le mouvement du corps *M* ralenti de plus en plus par ſon immerſion dans l'eau, doit donc ſe reſſentir de cette différence augmentée entre la réſiſtance qui ſe fait en la partie *ORP*,

& celle qui agit contre *O Q N*. Ainſi le centre *M* doit abandonner de plus en plus ſa premiére direction, & deſcendre par une petite ligne courbe, dont le dernier élément commence la nouvelle direction *V X*, que la balle ſuit après ſon immerſion.

APPLICATIONS.

L'expérience précédente nous conduit naturellement à une remarque qui peut être de quelque utilité à ceux qui veulent tuer du poiſſon à coups de fuſil. Quelque bons tireurs qu'ils puiſſent être, ils manqueroient ſouvent leur proie, s'ils obmettoient d'avoir égard à la réfraction que doit ſouffrir le plomb en entrant dans l'eau. Ce que nous avons fait voir ci-deſſus, prouve qu'il faut tirer plus bas que l'objet, puiſque le coup ſe reléve toujours dans l'eau, quand on tire obliquement. A la vérité comme on ne peut tirer qu'à une petite profondeur, à cauſe de la grande réſiſtance de l'eau, & que la péſanteur du plomb dont la vîteſſe eſt affoiblie, détruit une partie de la réfraction en le faiſant baiſſer ; comme d'ailleurs

on doit ſuppoſer que l'objet qu'on ſe propoſe de toucher, a une certaine étendue, il ſemble que dans la pratique ce changement de direction qu'éprouve le plomb en entrant dans l'eau, n'eſt point une choſe fort importante par elle-même, & qu'on pourroit la négliger. Mais il faut faire attention que le poiſſon que nous voulons tirer, ne ſe voit que par des rayons de lumiére qui viennent de lui à nous, qui paſſent obliquement de l'eau dans l'air, & qui étant par conſéquent dans le cas de la réfraction, ne nous repréſentent point l'objet dans le vrai lieu où il eſt. Ajoutez à cela (& c'eſt ce qu'il y a de plus néceſſaire à remarquer) que la réfraction de la lumiére ſe fait en ſens contraire de celle des autres corps, comme nous le ferons voir en traitant de l'optique; de ſorte que le lieu apparent du poiſſon eſt plus élevé que ſon lieu réel : ce qui donne de nouvelles forces à la raiſon qu'on auroit de tirer plus bas, quand on n'auroit égard qu'à la réfraction du plomb.

Quoique les réfractions s'obſervent

le plus ordinairement dans des milieux fluides, on peut dire en général qu'elles ont lieu dans tous les corps, même ſolides, lorſque le mobile qui les pénétre, y rencontre obliquement des couches de matiéres plus réſiſtantes les unes que les autres. Il arrive, par exemple, très-ſouvent, lorſqu'on veut percer une planche avec un poinçon, ou avec une aiguille mince & flexible, que le fer ſe courbe, & ne ſuit point la direction qu'on s'eſt efforcé de lui donner: c'eſt que la pointe a rencontré obliquement des parties plus dures les unes que les autres, comme il eſt aiſé d'en remarquer dans le ſapin, où ces ſortes de réfractions ſe font ſouvent; car on a de la peine à y chaſſer un clou ſelon ſon gré, ſur-tout s'il eſt long & mince.

La réfraction eſt ſuſceptible de plus & de moins. Nous avons vû qu'elle eſt nulle lorſque la direction du mobile eſt perpendiculaire à la ſurface du milieu réfringent: elle commence avec l'obliquité d'incidence, & elle augmente avec elle, & proportionnellement à elle. Car la balle qui tombe par *ST*, *Fig.* 5. ſouffre moins

de réfraction que celle qui eſt dirigée par *s t*; & ſi l'on ſe rappelle ce que nous avons dit pour rendre raiſon de la réfraction en général, on appercevra facilement, & par l'inſpection ſeule de la figure, que la cauſe de cet effet augmente à meſure que l'immerſion devient plus oblique. Car on voit que plus la direction eſt inclinée à la ſurface de l'eau, plus la partie *O R N* de l'hémiſphére antérieur eſt de tems dans l'air; & par conſéquent, plus les réſiſtances qui ſe font de la part de l'eau en la partie *O R P*, ont d'avantage ſur celles qui agiſſent contre les points correſpondans *O Q N*.

Mais dans quelque degré que l'on conſidére la réfraction, on la trouve toujours proportionnelle à l'incidence du mobile, quand les milieux ne changent point; & l'on en juge en comparant les angles d'incidence *A C P* & *B F D*, *Fig.* 6. avec ceux de réfraction *a C p* & *b F d*, que l'on meſure par les lignes *P A*, *a p*, qui en ſont les ſinus; car ſi *P A* eſt à *a p*, comme 2 eſt à 3, les deux lignes ſemblables *D B* & *d b*, qui repréſentent

tent le cas d'une réfraction plus grande, sont encore dans le même rapport entre elles.

Nous n'entreprendrons point de prouver ceci par des expériences ; la difficulté de diriger des corps graves dans des lignes parfaitement droites & obliques à la direction naturelle de leur pesanteur, ne nous le permet pas. Nous aurons lieu de le faire commodément, en traitant de la lumiére qui n'a pas cet inconvénient.

Nous ajouterons seulement, & nous le prouverons par le fait, que quand l'incidence est parvenue à un certain point d'obliquité, la réfraction se fait hors du milieu réfringent, (ce que l'on nomme alors *réflection*) de maniére, par exemple, qu'une pierre, ou une balle de plomb, au lieu de passer de l'air dans l'eau, comme nous l'avons vû précédemment, se reléve après avoir touché la surface, & forme avec elle un angle presque semblable à celui qu'elle avoit fait en tombant. Voyez la *Fig.* 7.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut disposer le quart de cercle de la *Fig.* 4. de maniére que le canon & sa ligne de direction *MN**, fassent avec la surface de l'eau *NP*, un angle d'environ 5 degrés, & placer à l'autre bout du bacquet une planche de bois tendre *S*, qui s'éléve perpendiculairement à la surface de l'eau, & qui se présente de face à la longueur du même bacquet, il faut aussi placer à fleur d'eau un chassis de gaze, qui ait environ un pied de longueur. Le canon ayant été chargé comme précédemment, il faut y mettre le feu.

* *Fig.* 7.

EFFETS.

La balle de plomb étant parvenue en *N*, au lieu d'entrer dans l'eau & d'y souffrir une réfraction, comme dans la seconde expérience, rejaillit du point de contact, & va frapper la planche en *S*, faisant son angle de réflection *ONS*, à peu près égal à celui de son incidence *MNP*.

EXPLICATIONS.

En expliquant ci-dessus les causes de la réfraction, nous avons fait connoître que la résistance du milieu contre une boule qui se meut en ligne droite, s'exerce sur la moitié de la surface sphérique *N O n*, *Figure* 3. nous avons fait voir aussi en expliquant la seconde expérience, que quand cet hémisphére vient à toucher en même - tems deux milieux dont l'un résiste plus que l'autre, le corps entier dont il fait partie se porte davantage du côté du plus foible. De-là, il suit que cette déviation doit être d'autant plus grande, que les fluides résistans différent plus entre eux, & que le plus foible des deux occupe une plus grande partie de l'hémisphére *P R O Q N*, *Fig.* 5. La résistance de l'air est très-petite, ou dure très-peu en comparaison de celle de l'eau, & quand la balle de plomb est dirigée par une ligne fort inclinée, comme dans notre expériénce, on peut voir par la *Figure* que la partie qui répond à l'air, est

beaucoup plus grande que celle qui touche l'eau. Ainſi l'excès de réſiſtance de la part de ce dernier milieu, devient comme un point fixe qui refuſe le paſſage au mobile, aſſez longtems pour lui donner lieu de continuer ſon mouvement dans l'air, qui lui céde très-promptement.

Juſqu'ici l'on voit aſſez bien pourquoi la balle n'entre point dans l'eau, & par quelle raiſon elle achéve ſon mouvement dans l'air, après avoir touché par une direction fort oblique le milieu le plus réſiſtant. Mais il faut convenir que ce que nous avons dit ne ſuffit pas pour faire entendre ce qui la détermine à remonter de bas en haut, par une autre direction oblique, qui ſe trouve dans le même plan que celle de ſon incidence : car de ce qu'elle doit achever ſon mouvement dans l'air, il ne s'enſuit pas qu'elle ſoit obligée de s'élever après avoir deſcendu ; s'il n'y avoit aucune cauſe pour produire cet effet, il paroît qu'on ne devroit s'attendre qu'à voir gliſſer ou rouler cette balle ſur la ſurface de l'eau, quand une fois elle y ſeroit parvenue, & qu'il

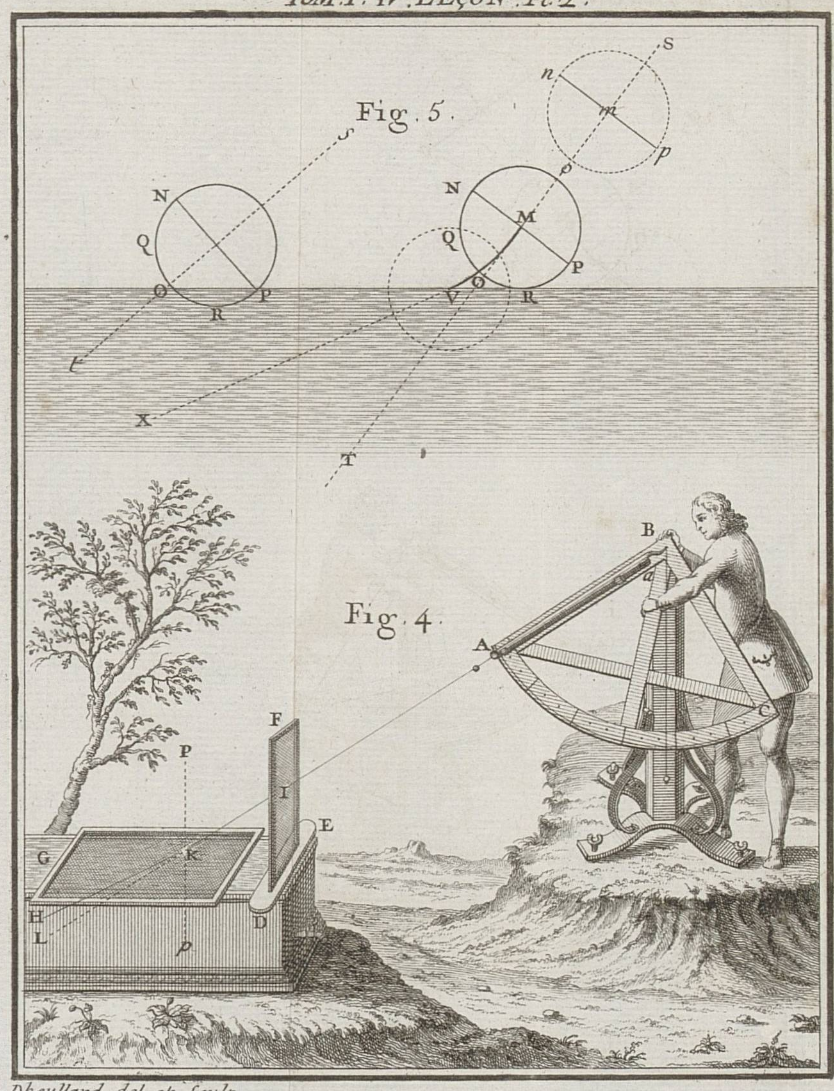
lui resteroit assez de vîtesse pour rendre l'effet de sa pesanteur insensible. En un mot, tout ce que peut faire la résistance de l'eau, c'est d'interdire le passage au mobile; mais en ne considérant en elle qu'un obstacle invincible, on ne voit pas qu'elle puisse déterminer à monter, ce qui jusqu'au point de contact est bien déterminé à descendre. Il y a donc quelque chose de plus à considérer, soit dans l'eau qui réfléchit, soit dans la balle qui souffre cette réflection, ou bien dans l'une & dans l'autre, relativement aux circonstances où elles se trouvent dans notre expérience. Mais comme ce qui se passe ici à la rencontre d'une surface fluide dans le cas d'une incidence fort oblique, arrive toujours quand un mobile tombe sur un plan solide à telle inclinaison que ce soit; nous remettons à en examiner la cause en parlant du mouvement réfléchi dans la section suivante: il nous suffira pour le présent d'avoir fait connoître qu'il y a telle obliquité d'incidence où la surface de l'eau se comporte à l'égard d'une balle de plomb, ou de tout au-

tre corps dur, comme un plan solide & impénétrable.

APPLICATIONS.

L'expérience que nous venons d'expliquer, doit servir de régle à ceux qui tirent dans l'eau. S'ils ne tirent pas de fort près ou d'un lieu élevé, la direction du coup peut devenir trop oblique, & le plomb pourroit bien ne pas entrer dans l'eau. Telle personne qui se croiroit en sûreté sur le rivage opposé, courroit risque d'être blessée; & c'est toujours une précaution fort sage, de ne se point rencontrer dans le plan de la réflection. Dans un combat naval, combien de boulets de canon voit-on se relever ainsi après avoir touché la mer, & faire par un mouvement réfléchi ce qui sembleroit devoir manquer par leur premiére direction.

Mais sans aller chercher des exemples si terribles, un jeu d'enfans que tout le monde connoît sous le nom de *ricochets*, nous montre la même chose avec moins de danger. Une pierre un peu tranchante par les



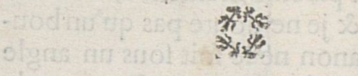
Dheulland del. et Sculp.

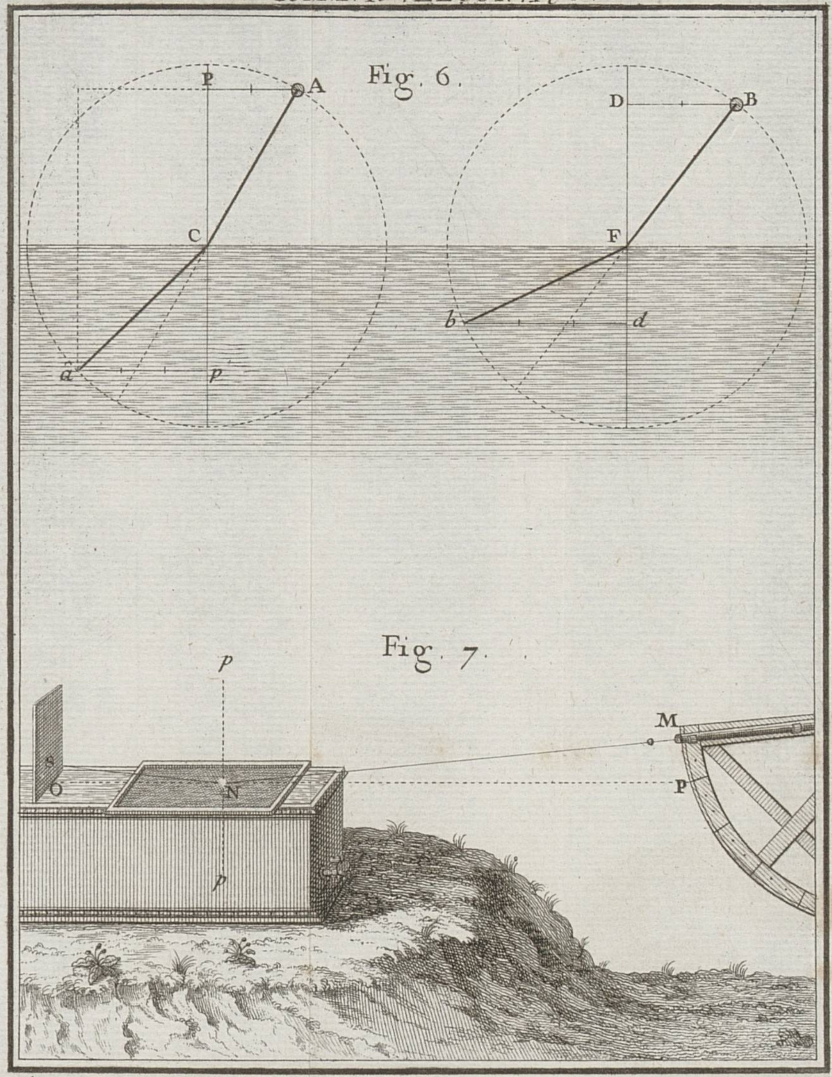
bords, plus épaiſſe du milieu, & lancée fort obliquement à la ſurface de l'eau, ſe reléve du point de contact par les raiſons que nous avons rapportées ; & ſi elle a reçu une quantité ſuffiſante de mouvement, lorſque ſon propre poids la détermine de nouveau dans une incidence oblique, il donne occaſion à une nouvelle réflection qui ſe réitére ſouvent 5 ou 6 fois de ſuite.

Des expériences que j'ai repétées avec ſoin, mais que je n'ai point encore eû occaſion de faire aſſez en grand, pour établir une théorie exacte & détaillée, m'ont déja confirmé dans l'opinion où je ſuis, que la ſurface de l'eau ne commence point à refléchir ſous le même angle, ou à pareille obliquité d'incidence, toutes ſortes de corps indifféremment. J'ai remarqué qu'une balle de 6 lignes de diamétre entroit dans l'eau, quand ſa direction faiſoit un angle de 6 degrés avec la ſurface, tandis qu'une plus groſſe, à pareille incidence, étoit réfléchie : & je ne doute pas qu'un boulet de canon ne le ſoit ſous un angle beaucoup plus ouvert, & que cela

ne varie autant que le diamétre des boulets. Car la résistance de l'eau est d'autant plus grande, que les parties choquées sont en plus grand nombre; quand un mobile sphérique tombe sur sa surface, & vient à la toucher avec un mouvement considérable, on ne doit point croire que ce soit par un seul point, c'est toujours par un segment, & ce segment éprouve d'autant plus de résistance, qu'il fait partie d'une sphére plus grande; parce qu'ayant plus d'étendue avec moins de convexité, il heurte plus directement, & un plus grand nombre de parties d'eau.

Après avoir examiné les changemens qui arrivent à la direction d'un mobile, quand il rencontre un obstacle qu'il peut pénétrer, ou dans lequel il peut continuer son mouvement, voyons maintenant ce qui arrive à ce même mobile, quand l'obstacle est un corps solide qui lui refuse le passage.





Dheulland. del. et Sculp.

II. SECTION.

Du Mouvement réfléchi.

NOus avons ſuppoſé dans la ſection précédente, que ce qui tendoit à changer la direction du mobile, étoit une matiére qu'il pouvoit pénétrer, & dans laquelle il avoit la liberté de continuer ſon mouvement d'une maniére aſſez conſidérable, pour donner lieu d'appercevoir s'il obéiſſoit à une nouvelle détermination. Maintenant nous ſuppoſons un obſtacle invincible, une maſſe inébranlable qu'il ne puiſſe déplacer, ni entr'ouvrir, pour paſſer outre. Je dis, pour paſſer outre; car comme il n'y a point de matiére parfaitement dure, & dont les parties ne cédent à une force ſuffiſante; lorſqu'un corps en choque un autre, quand bien même ce dernier ne pourroit être déplacé à cauſe de ſa grandeur, il ſe fait toujours un enfoncement à l'endroit du contact; & ſi cet enfoncement eſt tel que le mobile s'introduiſe dans la maſſe,

comme lorſqu'un boulet de canon s'enterre, ou qu'on tire une balle de mouſquet dans du ſable, ou dans de la neige accumulée ; alors l'obſtacle enfoncé devient un nouveau milieu, & s'il y a réfraction, elle ſe fait ſelon les loix que nous avons établies ci-deſſus.

L'obſtacle, ou le corps choqué, étant donc tel qu'on le ſuppoſe, inébranlable quant à ſa maſſe totale, mais flexible quant à ſes parties, il eſt queſtion de ſçavoir comment le mobile ſera dirigé après le choc.

Mais avant que de répondre à cette demande, il eſt à propos d'examiner ſi le corps qui choque, continuera de ſe mouvoir ; car s'il devoit reſter ſans mouvement, en vain chercheroit-on quelle doit être ſa direction, & il y a bien des cas où l'obſtacle le réduit au repos, ſans lui rien rendre de ce qu'il lui a fait perdre.

Pour fixer nos idées, repréſentons-nous une bille d'acier lancée contre une muraille ; & pour plus de ſimplicité, regardons le corps choquant comme parfaitement dur, & ne conſidérons que la flexibilité du corps

choqué. Au premier inſtant du contact la bille exerce, contre un très-petit eſpace de la pierre qu'elle rencontre, un effort qui eſt comme ſa maſſe & ſa vîteſſe actuelle. Ce petit nombre de parties ainſi comprimées par l'acier, cédent à ſon mouvement, reculent ſur les parties les plus prochaines, & celles-ci ſur d'autres ; la pierre ſe condenſe en cet endroit, & il ſe fait un petit enfoncement ; mais cet effet ne ſe produit pas avec une vîteſſe égale à celle qu'avoit le mobile au moment qu'il a commencé à toucher ; car ce qui a été déplacé, a réſiſté, & toute réſiſtance (quoique vaincue) détruit une partie de la force qui la fait céder : ainſi à la fin du premier inſtant la bille d'acier ſe trouve retardée, & ſon effort au commencement du ſecond inſtant eſt moindre qu'il n'étoit d'abord.

Mais comme les parties choquées pendant le premier inſtant, ont cédé en arriére, leur introceſſion, ou enfoncement, a donné lieu à la bille d'acier de toucher la pierre par une plus grande ſurface. Le mobile perdra donc plus de ſa vîteſſe pendant le ſe-

cond inſtant que pendant le premier : 1°. parce qu'il aura plus de parties à repouſſer ; 2° parce que celles du milieu qui ont été enfoncées précédemment, réſiſtent davantage qu'elles n'ont pû faire pendant le premier inſtant ; car alors la matiére choquée étoit moins condenſée, & le corps choquant avoit plus de mouvement.

On voit par l'examen de ces deux premiers inſtans, que la bille d'acier en formant un enfoncement dans la pierre, doit diminuer de vîteſſe par des quantités qui vont toujours en augmentant, puiſque les parties qui reçoivent ſon effort, ſe multiplient à chaque inſtant, & que ſe trouvant de plus en plus appuyées par celles de derriére, leur réſiſtance commune croît pour le moins en raiſon de ces deux cauſes.

La vîteſſe du mobile a beau être retardée uniformément, ou non, cette diminution ne doit point empêcher qu'il ne perſévére dans ſa premiére direction, tant qu'il lui reſte du mouvement : ainſi l'enfoncement qui ſe fait dans la pierre, n'eſt achevé que quand la bille ceſſe de ſe mou-

voir ; & réciproquement on peut conclure qu'elle est réduite au repos, quand les parties de la pierre ne cédent plus : de sorte que s'il ne se trouve alors quelque nouvelle cause pour rétablir le mouvement dans la bille, comme elle a consommé entiérement celui qu'elle avoit reçu dans sa premiére détermination, on ne voit pas qu'elle puisse se mouvoir davantage, & en effet l'expérience fait voir qu'elle ne se meut plus; car, si l'endroit de la muraille qui est exposé au choc, est de la pierre tendre, ou du plâtre, la bille demeure dans le trou qu'elle a fait, ou bien elle retombe par son propre poids, si rien ne l'arrête.

Il n'en est pas de même si le mobile rencontre pour obstacle une pierre dure, on le voit rejaillir après le choc, & dans un sens différent de sa premiére direction : ce mouvement se nomme *réfléchi*. Voyons donc quelle en est la cause, & quelles sont les loix qui le dirigent.

Dans la pierre, comme dans le plâtre, il se fait pendant le choc un enfoncement qui ne différe que du plus au moins. Mais quand l'obstacle est

élaſtique, que les parties enfoncées ont la vertu de ſe rétablir dans le lieu & dans l'ordre où elles étoient avant leur déplacement, il eſt aiſé de voir pourquoi le corps choquant recommence à ſe mouvoir, & ce qui le détermine dans une direction différente de celle qu'il avoit d'abord: car ces parties enfoncées en ſe rétabliſſant, repouſſent le mobile devant elles, & tendent à le diriger comme elles le ſont elles-mêmes.

Mais tous les corps élaſtiques ne le ſont pas également, & l'on peut dire qu'on n'en connoît aucun qui le ſoit parfaitement: nous le ſuppoſerons cependant pour rendre notre théorie plus ſimple, & nous conſidérerons d'abord le choc direct, c'eſt-à-dire, celui d'un mobile dirigé perpendiculairement à la ſurface de l'obſtacle.

En ſuppoſant que l'obſtacle *DE*, *Fig.* 8. eſt un corps dont l'élaſticité eſt parfaite, le point de contact *A*, porté en *B*, par l'effort du mobile *C*, doit revenir de *B* en *A*, avec une vîteſſe égale à celle avec laquelle il avoit été déplacé. Le corps *C*, qu'il

chasse devant lui, parcourt en même tems le même chemin ; & lorsque par cette réaction il est redevenu tangent à la surface *DE*, il se trouve qu'il a pour aller d'*A* en *F*, le même degré de mouvement qu'il avoit lorsqu'en arrivant d'*F* en *A*, il a commencé l'enfoncement *d B e*. Ainsi l'obstacle dont le ressort seroit parfait, rendroit au mobile, par une réaction complette, tout le mouvement qu'il lui auroit fait perdre dans le tems de la compression. Il s'agit maintenant de régler la direction de ce mouvement réfléchi.

En expliquant la refraction, * nous avons fait voir que quand le mobile *M* tombe perpendiculairement sur le milieu réfringent, il ne quitte point la ligne de sa premiére direction, & qu'après comme avant l'immersion, il tend au même terme ; parce que toutes les parties de son hémisphére antérieur sont également soutenues par la résistance du fluide, & qu'il n'y a aucune cause qui favorise ou qui rallentisse son mouvement plus d'un côté que de l'autre. Par une raison semblable, si la surface *D E* est

* Pag. 268. Fig. 3.

ſolide & parfaitement élaſtique, le mobile qui vient d'*F* en *A*, après avoir formé l'enfoncement *d B e*, ſera renvoyé dans la même ligne exactement & vers le point *F*, parce que les parties correſpondantes *G*, *H*, obéiſſent à des réactions parfaitement ſemblables, dont l'équilibre entretient néceſſairement le centre *C* dans une ligne qui a pour termes *A*, *F*.

Nous avons encore prouvé * que dans le cas de l'immerſion oblique, le mobile abandonne ſa premiére direction, & nous en avons fait voir la cauſe dans l'inégalité des réſiſtances qui agiſſent ſur les points *P*, *R*, *O*, *Q*, *N*, pendant que cet hémiſphére ſe plonge dans le milieu réfringent. Nous avons remarqué auſſi que cette déviation du mobile étant cauſée par des retardemens qui vont toujours en augmentant, juſqu'à ce qu'il ſoit plongé, le centre *M* ſuit une petite courbe *MV*.

* Pag. 275. Fig. 5.

La même choſe arrive, & par des raiſons ſemblables, lorſqu'un corps ſphérique tombe obliquement ſur un plan ſolide & à reſſort. *Fig.* 9. Les parties enfoncées ſont autant de petits

reſſorts qui ont été tendus par l'effort du mobile, & qui rallentiſſent ſa vîteſſe de plus en plus, juſqu'à ce qu'enfin il ait conſommé tout le mouvement qu'il avoit lorſqu'il a commencé à toucher la ſurface du plan en *I*. De-là vient la petite courbe *il*, que décrit le centre du mobile ; & il eſt évident que ſi ce plan enfoncé finiſſoit au point *L*, la bille s'échapperoit par la ligne *LM*; & ſon centre par conſéquent ſuivroit la paralléle *lm*.

Mais comme pendant l'enfoncement elle touche le plan par une ſurface, & non par un point ; & que tous les reſſorts qu'elle a tendus ſe déployent ſucceſſivement, & ſelon l'ordre dans lequel ils ont été comprimés, il s'enſuit ce double effet : 1°. Elle reprend ſon premier degré de mouvement, parce qu'elle eſt repouſſée avec autant de force qu'elle a comprimé. 2°. Elle remonte par une courbe *MP*, *Fig*. 10. ſemblable à celle qu'elle a ſuivie en faiſant ſon enfoncement, parce que les reſſorts qu'elle a tendus, ſe débandent contre ſa partie poſtérieure, & lui donnent une vîteſſe qui s'accélére depuis

M jusqu'en *P*, de même que celle qu'elle avoit d'abord a été retardée depuis *I* jusqu'en *M*. Ainsi comme l'extrémité *I* de la ligne de son incidence a été le commencement de la premiére courbe, celle de sa réflection *PQ* est la continuation de la seconde, & de cette maniére l'angle *RMQ* devient égal à *SMT*.

L'égalité des angles d'incidence & de réflection se démontre d'une maniére plus géométrique, en supposant un principe que nous prouverons ci-après, en parlant du mouvement composé, sçavoir, que le mobile qui parcourt la ligne *TM* se comporte comme s'il obéissoit à deux puissances, dont une lui auroit donné la vîtesse nécessaire pour parcourir la ligne *TV*, pendant que l'autre le feroit descendre de la hauteur *TS*. Si, lorsqu'il est parvenu en *M*, une cause quelconque anéantit son mouvement de haut-en-bas, sans rien diminuer de celui qui le transporte horizontalement, il est évident que dans un tems semblable à celui qu'il a employé pour venir de *T* en *M*, il ira d'*M* en *R*, n'étant plus commandé

que par une ſeule puiſſance. Mais au lieu de cette ſuppoſition, ſi lorſque le mobile eſt en *M*, la puiſſance qui le commandoit de haut-en-bas, ſe trouve tout d'un coup convertie en une autre d'égale force, mais qui le ſollicite à ſe mouvoir de bas-en-haut; il remontera ſans doute par *M Q*, avec le même degré de vîteſſe qu'il avoit en deſcendant par *T M*. Or nous avons vû précédemment comment de ces deux mouvemens dont l'incidence oblique eſt compoſée, celui qui eſt perpendiculaire au plan, s'anéantit dans le mobile, & ſe change, à pareil degré, en un autre qui eſt oppoſé dans la même ligne.

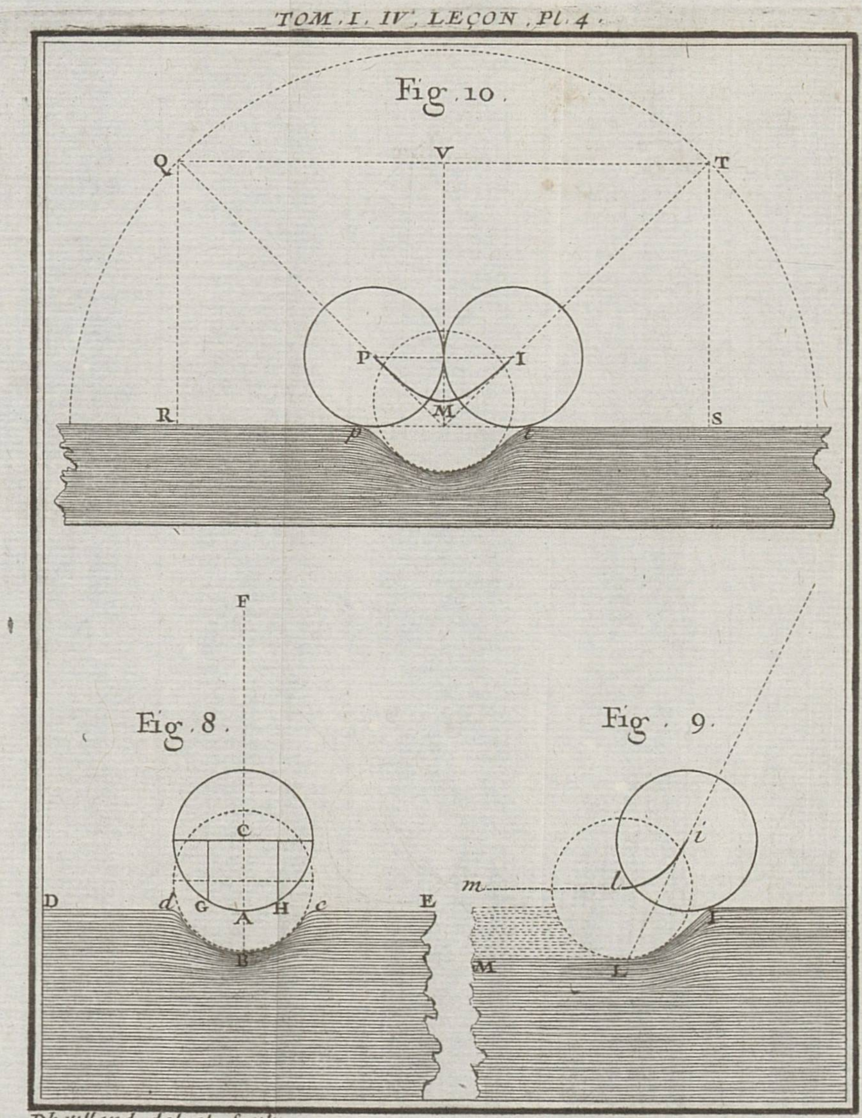
Juſqu'ici nous avons ſuppoſé le mobile inflexible, & nous n'avons conſidéré que le reſſort du plan qui réfléchit ; mais il eſt aiſé de concevoir que les mêmes effets auroient lieu ſi le plan étoit parfaitement dur, & que la bille fût un corps à reſſort ; car dans le choc elle s'applatiroit, & les parties enfoncées en ſe rétabliſſant, s'appuyeroient ſur le plan, & repouſſeroient le mobile avec la même vîteſſe avec laquelle elles auroient

été comprimées, & dans un ſens contraire.

A la vérité, ni l'une ni l'autre de ces deux ſuppoſitions ne repréſentent la nature ; car ſi l'on ne connoît pas de corps dont le reſſort ſoit parfait, on ne voit pas non plus de corps ſolides qui en ſoient entiérement privés. Ainſi toutes les fois qu'il y a réflection, l'on peut dire que le mobile & l'obſtacle y ont tous deux part, ſelon leur degré d'élaſticité.

Il peut même arriver qu'un troiſiéme preſſé entre l'un & l'autre dans le tems du choc, entre pour quelque choſe dans le mouvement réfléchi, en faiſant l'office d'un reſſort qui ſe débande d'une part contre le plan, & de l'autre contre le mobile ; & alors, ſoit que l'incidence ſoit directe, ſoit qu'elle ſoit oblique, on doit encore en attendre tout ce qui a été énoncé ci-deſſus, lorſque nous n'avons ſuppoſé du reſſort que dans l'obſtacle ou corps choqué.

Il paroît donc que les choſes les plus importantes à ſçavoir touchant le mouvement réfléchi, peuvent ſe


Fig. 10.
Q
V
T
P
I
M
R
S
p
i
F
Fig. 8.
Fig. 9.
C
i
m
l
D
d
G
A
H
e
E
I
B
M
L
Dheulland del. et Sculp.

réduire à ces deux chefs : 1°. Que le ressort est la cause nécessaire de la réflection ; 2°. Que la direction du mouvement réfléchi est telle que l'angle de réflection est égal à celui de l'incidence du mobile, lorsque la réaction est parfaite.

Quoique ces deux propositions ne puissent se prouver par des expériences rigoureusement exactes, parce que nous ne connoissons aucun corps solide qui ait un ressort parfait, ou qui n'en ait pas du tout ; & que d'ailleurs la pésanteur du mobile & la résistance de l'air détruisent une partie des effets ; cependant on peut faire sentir ce qui doit être, en faisant voir par des à-peu-près ce qui est. Nous aurons soin de remarquer ce qui se mêlera d'étranger dans les faits, & le restant nous représentera suffisamment ce que nous venons d'enseigner.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La machine qui est représentée par la *Fig.* 11. doit être placée de manié-

re que sa base soit dans un plan horizontal ; *AB* est une cuvette qui a environ un pouce de profondeur ; on la remplit de terre-glaise que l'on a mêlée avec du sable fin, en telle quantité qu'elle soit très-flexible, sans être cependant trop visqueuse. Cette cuvette se peut mouvoir sur un pivot qui est au point *A*, & elle s'arrête à tel degré d'inclinaison que l'on veut, par le moyen d'une agraffe & d'une vis qui est en *B*. *C* est un petit canon de cuivre fixé à un coulant à ressort, qui glisse dans une rainure à jour pratiquée au bras de la potence, & par lequel on fait passer une balle de plomb calibrée.

EFFETS.

Quand on laisse tomber la balle de plomb par le petit canon *C*, soit qu'elle arrive perpendiculairement à la surface de la cuvette, soit que cette cuvette se présente obliquement à sa chute, il se fait un enfoncement dans la terre molle, & la balle y perd tout son mouvement.

EXPLICATIONS.

Quand la balle en tombant a commencé à toucher la terre molle, elle avoit une certaine quantité de mouvement; c'eſt aux dépens de ce mouvement, qu'elle a déplacé une portion de la matiére flexible. Elle a donc dû ceſſer de ſe mouvoir quand les parties qu'elle a rencontrées en repos dans ſa direction, ont été portées auſſi loin que l'exigeoit la valeur de ſon effort; & elle n'a pas dû ceſſer plutôt, parce qu'un corps en mouvement ne peut être réduit au repos que par un obſtacle dont la réſiſtance égale le produit de ſa force.

Que la balle tombe perpendiculairement ſur un plan incliné à l'horizon, comme dans l'une des deux expériences précédentes, ou bien qu'elle vienne par une ligne oblique contre un plan horizontal, comme le repréſente la *Figure* 12; c'eſt abſolument la même choſe, quant à l'effet qui doit s'enſuivre; & ſi le plan eſt flexible & ſans reſſort, comme nous le ſuppoſons, le mouvement de la balle doit s'y conſommer entiére-

ment, auſſi bien que dans le cas précédent; car la direction oblique ne change rien à ce que nous avons dit pour la chute perpendiculaire; elle ne pourroit tout au plus qu'occaſionner une petite réfraction que nous négligeons, parce que nous ſuppoſons l'enfoncement peu conſidérable; mais elle n'a rien par elle-même qui puiſſe remettre le mobile au-deſſus du plan qu'il a une fois touché.

APPLICATIONS.

Les corps ſans reſſort, ou dont l'élaſticité eſt fort imparfaite, ſont plus propres que d'autres à rompre les efforts violens, parce qu'ils retardent par degrés la vîteſſe du mobile, & qu'ils le réduiſent au repos en cédant de plus en moins. Pour bien entendre ceci, il faut faire attention qu'il n'y a nul mouvement, ſi prompt qu'il puiſſe être, qui n'employe un tems fini; ainſi quand le corps *M*, *Fig.* 13. deſcend par la ligne *D E*, pour faire la place de ſon hémiſphére dans la terre molle, quoiqu'à nos ſens cet effet paroiſſe ſe paſſer dans un inſtant indiviſible, il faut pourtant

concevoir

concevoir le tems de cet enfoncement comme partagé en plusieurs instans égaux, pendant lesquels le mobile déploye sa force contre les parties qui cédent. Mais cette force diminue à chaque instant, & elle diminue par des quantités qui croissent beaucoup plus que les tems ; car au second instant les résistances sont en plus grand nombre que dans le premier, puisque l'hémisphére plus enfoncé présente une plus grande surface à la terre molle qu'il faut repousser ; & les parties déja comprimées s'opposent davantage à leur déplacement. On peut donc considérer les 3 espaces *D*,*F*,*E*, comme les produits de trois instans égaux, pendant lesquels le corps *M* a consommé toute sa vîtesse en parcourant la ligne *D E*.

Tous les obstacles qui cédent ainsi, partagent l'effort du mobile, & arrêtent comme en plusieurs fois une puissance qui ne manqueroit pas de les forcer, si toute son action étoit réunie dans un tems plus court. Un tambour résisteroit-il à un seul coup qui égaleroit en force la somme des

coups de baguettes qu'il reçoit en une heure ? Une planche de chêne arrête-t-elle une balle de mousquet qu'un sac rempli de laine ne manque point d'amortir ?

C'est par une semblable raison, qu'on n'est point blessé par la chute d'un corps dur qu'on reçoit dans sa main, pourvû que la main céde pendant quelques instans, au lieu de se roidir contre. On risqueroit de rompre la corde, quand on arrête un bateau que le courant de la riviére emporte, si l'on ne prenoit la précaution de la filer peu à peu pour vaincre l'effort par degrés.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On se sert pour cette expérience de la même machine qui a servi pour la précédente, & qui est représentée par la *Figure* 11. au lieu de la cuvette pleine de terre molle, on y place une tablette de marbre noir bien polie, & enduite d'une très-légére couche d'huile; & la balle qu'on fait tomber par le petit canon de cuivre, est d'yvoire.

EFFETS.

Quand on laisse tomber la balle d'yvoire perpendiculairement sur le marbre, après avoir touché le plan, elle remonte par la même ligne qu'elle a suivie en tombant, mais moins haut que le lieu d'où elle est descendue, & l'on remarque sur la tablette une tache ronde qui a environ une ligne de diamétre.

EXPLICATIONS.

Ce que l'on a dit ci-dessus en établissant la question du mouvement réfléchi, suffit pour expliquer le fait que nous venons de rapporter; la tache qu'on trouve sur le marbre, prouve bien que dans le choc il y a eu compression de parties dans l'un des deux corps, & vraisemblablement dans tous les deux, comme on l'a fait voir en parlant du ressort : & comme après l'expérience on retrouve les surfaces dans le même état où elles étoient avant le contact, il est indubitable qu'elles se sont rétablies, & nous avons fait voir que ce rétablissement, s'il étoit parfait, se-

roit ſuffiſant pour rendre au mobile dans un ſens contraire, tout le mouvement qu'il avoit conſommé en ſuivant ſa premiére direction. Si cet effet n'a pas lieu, c'eſt que la réſiſtance de l'air s'y oppoſe d'une part, & qu'on a raiſon de croire que l'yvoire & le marbre ne ſe rétabliſſent pas avec la même vîteſſe, avec laquelle on peut les comprimer.

APPLICATIONS.

Un corps à reſſort que l'on a comprimé, & qui a la liberté de ſe remettre, ne revient à ſon premier état qu'après un certain nombre de balancemens, qu'on nomme *vibrations*, & qu'il eſt facile d'appercevoir dans une lame d'acier, dans une corde de claveſſin, dans une branche d'arbre, &c. que l'on a pliée & qu'on abandonne à elle-même. Ce mouvement qui raméne le corps élaſtique au-delà du lieu de ſon repos, vient de ce que la partie comprimée en ſe rétabliſſant reprend le même degré de vîteſſe qu'elle a reçu au premier inſtant du choc, & dans un ſens contraire, comme nous l'avons expliqué page

294. Prenons pour exemple une corde de viole ou de clavecin, *Fig.* 14. tendue entre deux points fixes *G*, *H*, & contre laquelle on fait heurter un corps ſolide avec une quantité de mouvement ſuffiſante pour la mener du point *I* au point *K*. Cette percuſſion allonge la corde ; car il eſt évident que la ſomme des deux longueurs *G K* & *H K*, eſt plus grande que *G H*. Si elle eſt libre de ſe remettre, ſon reſſort ramenera le point *K*, en *I*, & alors elle aura dans la direction *I L* une vîteſſe égale à celle que lui avoit fait prendre la percuſſion pour aller en *K*. Cette vîteſſe doit avoir ſon effet ; elle doit tranſporter le point *I* vers *L*, juſqu'à ce que des réſiſtances ſuffiſantes l'ayent fait ceſſer. Mais ſi le milieu de la corde ſe meut ainſi, les parties qui la compoſent de part & d'autre doivent s'allonger, & leur réſiſtance affoiblira de plus en plus ce mouvement ; il finira enfin, quand toute la vîteſſe de la réaction ſera conſommée, & l'on voit que ſi la corde en revenant de *K* en *I*, ſe trouve avoir le même degré de vîteſſe qu'elle avoit reçû par le

choc pour deſcendre en *K*, la ligne *I L* doit devenir égale à *I K*. Si les reſſorts étoient parfaits, & que leurs vibrations ſe fiſſent dans un milieu non-réſiſtant, ces ſortes de mouvemens ſeroient perpetuels. Car lorſque la corde, en vertu de ſa réaction, eſt parvenue en *L*, elle a le même degré de tenſion qu'elle avoit, lorſqu'elle étoit comprimée au point *K*; & par conſéquent elle auroit la force néceſſaire pour y retourner à la ſeconde vibration. On en pourroit dire autant de la troiſiéme, & d'une infinité d'autres; mais la réaction n'étant jamais complette par les raiſons que nous avons dit, la ſeconde vibration a moins d'étendue que la premiére, & la troiſiéme moins encore que la ſeconde, & ces diminutions enfin laiſſent reprendre à la corde ſon premier état.

J'ai pris une corde pour exemple, afin de rendre cette explication plus ſenſible; mais on doit concevoir que la même choſe arrive à tous les corps élaſtiques, à la différence près du plus au moins, ſelon la figure & la roideur de leurs parties. Ainſi la peau

d'un tambour devient alternativement concave & convéxe ; & la bille d'yvoire qui eſt tombée ſur un marbre, ne reprend ſa figure ſphérique, qu'après avoir été quelque tems un ellipſoïde, dont le grand diamétre eſt de deux fois une, horizontal & vertical. *Fig.* 15.

C'eſt une choſe remarquable, que le même reſſort fait toutes ſes vibrations iſochrones, c'eſt-à-dire, dans des tems égaux, ſoit qu'elles ſoient petites ou grandes : & l'on a occaſion d'en voir la preuve, lorſqu'on met en jeu la machine * avec laquelle nous avons meſuré les frottemens. Car en comparant les vibrations du reſſort ſpiral avec les oſcillations d'un pendule à ſecondes, on remarquera très-facilement que la premiére & la trentiéme ſe font dans des tems ſenſiblement égaux.

* 3e. *Leçon.* *Fig.* 9.

Il faut remarquer encore que les reſſorts tendus ſe rétabliſſent avec d'autant plus de vîteſſe, qu'il a fallu plus de force pour les tendre ; ainſi quand deux lames ſeroient également élaſtiques, ſi l'une des deux eſt plus fléxible que l'autre, elle fera des vi-

brations qui auront moins d'étendue, mais qui seront plus fréquentes, comme nous le ferons voir en parlant des sons.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On emploie pour cette expérience la machine qui a servi dans la précédente; *Fig.* 11. mais au lieu de laisser la tablette de marbre dans sa situation horizontale, on l'incline comme la ligne *A D*, & l'on avance le petit canon *C* dans sa coulisse, de façon qu'il réponde directement au point *E*.

EFFETS.

Si la balle d'yvoire tombe sur la tablette de marbre par la ligne *N E*, elle va par *E F* se loger dans une ouverture pratiquée à la piéce *G*, & dont la largeur est égale à son diamétre; & l'on peut remarquer à la surface du marbre une tache qui n'est point parfaitement ronde, comme dans l'expérience précédente, mais un peu oblongue, & située de maniere que son grand diamétre se trouve dans le plan de réflection.

EXPLICATION.

EXPLICATIONS.

Nous avons suffisamment expliqué les causes du mouvement réfléchi, & l'expérience fait voir que l'angle de réflection *A E F*, est presqu'égal à celui d'incidence *H E D*. Je dois donc moins m'arrêter à établir l'égalité de ces angles, qu'à faire connoître pourquoi celui de réflection n'est pas rigoureusement semblable à l'autre dans le fait. Trois causes concourent à le rendre plus petit: 1°. La balle qui choque, & le plan qui la renvoie, n'ont point un ressort parfait; la réaction n'est donc pas complette. 2°. L'air qu'il faut diviser pour passer d'*E* en *F*, retarde un peu la vîtesse du mobile; il est donc plus long-tems en chemin qu'il n'y devroit être, & ce retardement donne lieu au progrès d'une troisiéme cause. Car 3°. la pésanteur agit sur la boule d'yvoire tant qu'elle parcourt *E F*, & la rappelle de haut en bas. C'est pourquoi au lieu de décrire une droite rigoureuse, elle parvient en *G* par une courbe dont l'extrémité est un

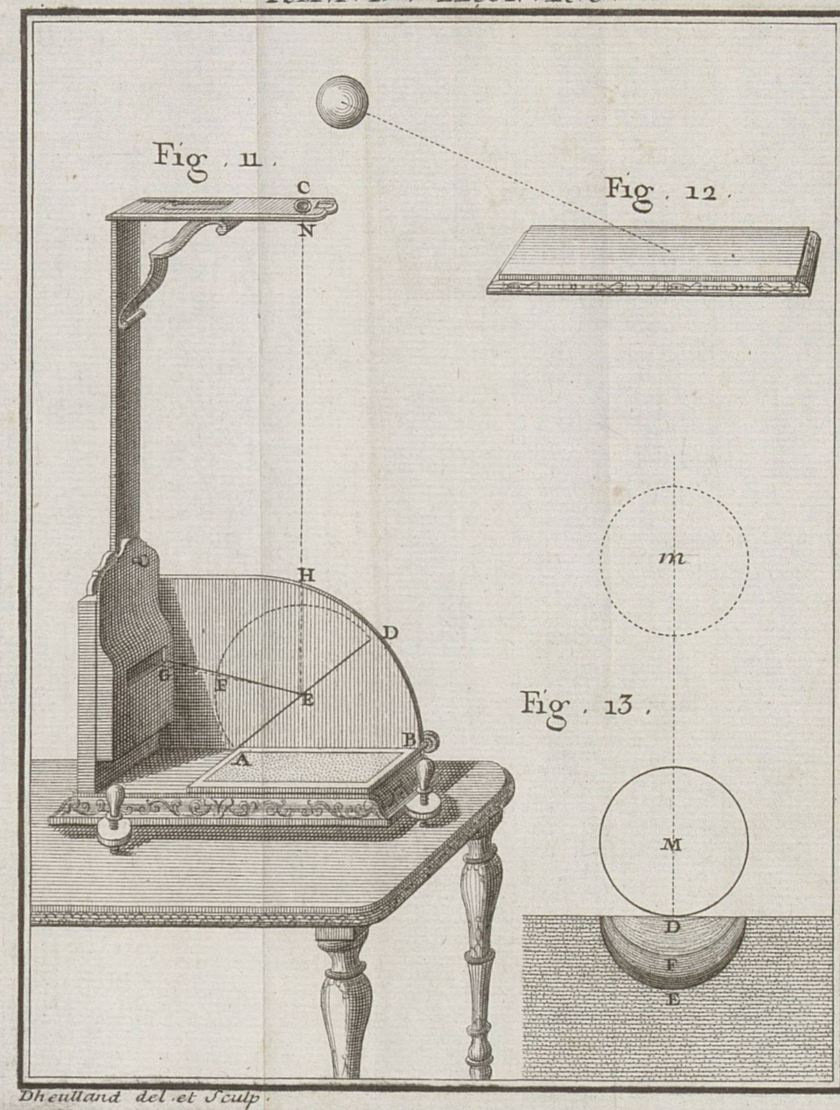
peu plus bas que la direction de son mouvement réfléchi.

Mais si l'égalité des angles n'a jamais lieu dans l'état naturel, n'entrevoit-on pas à travers de ces obstacles, qu'elle n'est pas moins une régle établie dans la nature, & fondée sur des loix généralement reconnues?

La petite tache oblongue que l'on voit sur le marbre après le contact, est une preuve que la boule qui choque obliquement un obstacle s'y enfonce par une ligne courbe, comme nous l'avons dit à la page 296, & qu'elle sort de cet enfoncement par une pareille ligne; ainsi le grand diamétre de la tache oblongue est représenté par la ligne *p i*. *Fig.* 10.

APPLICATIONS.

Le jeu de billard, & celui de la paume, sont presqu'entiérement fondés sur la régle que nous venons d'établir & de prouver; dans l'un c'est un mobile sphérique, que l'on pousse le plus souvent contre un plan, suivant une direction oblique ou perpendiculaire; dans l'autre, c'est le plan même qu'on présente au mobi-


Fig. 11.
C
N
H
D
G
F
E
B
A
Fig. 12.
Fig. 13.
m
M
D
F
E
Dheulland del. et Sculp.

le, ſous différens degrés d'inclinaiſon, & la principale choſe conſiſte à bien eſtimer le mouvement refléchi, par l'angle d'incidence.

Lorſqu'un boulet de canon tiré horizontalement vient à toucher terre, il rebondit à pluſieurs repriſes, & l'on remarque ſur le terrain des traces beaucoup plus longues que profondes. C'eſt que le boulet s'enfonce, & ſe reléve comme la bille de notre expérience, en ſuivant deux courbes qui ſe joignent au dernier dégré de l'enfoncement, où naît la reflection. Et comme ſa vîteſſe de haut en bas eſt beaucoup moindre que ſon mouvement horizontal, il parcourt une très-grande longueur dans le tems qu'il deſcend à peu de profondeur; & de-là vient la grande différence qu'on remarque dans ces deux dimenſions, lorſqu'on examine les traces dont nous parlons.



III. SECTION.

De la Communication du Mouvement dans le Choc des Corps.

QUOIQUE les obſtacles ſolides qui arrêtent ou qui réfléchiſſent les corps qui ſe meuvent, n'ayent leurs effets qu'en vertu du mouvement qui leur eſt communiqué par le mobile, & que cette communication ſe faſſe ſelon les régles que nous avons à établir dans cette ſection ; cependant nous avons cru devoir traiter ſéparément de cette action des corps, conſiderée dans les cas où la maſſe choquée laiſſe appercevoir des marques de la percuſſion qu'elle ſouffre, par un déplacement ſenſible de tout ſon volume ; c'eſt-à-dire, qu'après avoir enſeigné ce qui arrive à un mobile, tant par rapport à ſa vîteſſe que par rapport à ſa direction, de la part d'un obſtacle inébranlable, ou conſidéré comme tel, nous allons examiner les changemens dont l'une & l'autre

(la vîteſſe & la direction) ſont ſuſceptibles, quand l'obſtacle eſt déplacé ou peut l'être par le choc. Et pour procéder du plus ſimple au plus composé, nous conſidérerons premiérement les effets de la percuſſion dans les corps mols, où la réaction n'a pas lieu, pour paſſer enſuite au choc des corps à reſſort.

Nous ſuppoſons toujours, pour rendre notre théorie plus ſimple & plus facile à ſaiſir; 1°. Que les corps qui ſe choquent, ont un reſſort parfait, ou qu'ils n'en ont point du tout: 2°. Que leur mouvement ſe fait dans un milieu ſans réſiſtance, & ſans frottemens; de ſorte que la doctrine que nous allons expoſer ſeroit fauſſe, ſi les faits qu'elle annoncera, ſe trouvoient exactement repréſentés par l'expérience, puiſque les empêchemens dont nous faiſons abſtraction, entrent néceſſairement pour quelque choſe dans les réſultats. Ainſi nos preuves ne doivent paſſer pour juſtes, que quand elles paroîtront faire un peu moins que ce qu'on en aura attendu. Si, par exemple, le corps *A*, venant heurter le corps *B*, *Fig.*

16. faisoit sur lui toute l'impression qu'il peut faire, en vertu du mouvement qu'il a en partant du point *a*; il auroit fait plus, puisqu'il auroit encore vaincu les frottemens, la résistance du milieu, &c. Il n'exercera donc sur le corps *B*, qui est son dernier obstacle, que ce qui lui restera de force après avoir surmonté les autres; & si l'on ne tient pas compte de ce qu'il aura perdu pour vaincre ceux-ci, on ne doit pas s'attendre à un effet complet lorsque le choc se fera en *b*.

Nous ne considérons ici que le choc direct, c'est-à-dire, celui de deux corps dont les centres de gravités se trouvent dans la direction de leurs mouvemens, comme dans la *Fig*. 16. & pour en rendre l'exécution plus facile, nous ferons toutes nos expériences avec des corps sphériques, que nous suspendrons à des fils fort déliés * afin de diminuer autant qu'il est possible les frottemens & la résistance de l'air: & comme nous aurons souvent besoin de connoître le degré de vîtesse de ces petits globes, nous les tiendrons suspendus à des points

* *Fig*. 20.

fixes, autour desquels ils pourront décrire des arcs de cercles qui seront mesurés par des graduations.* Ce que nous enseignerons dans la suite touchant la pesanteur, fera connoître comment on peut par la grandeur de ces arcs régler la vîtesse des corps qui les décrivent. C'est un procédé qui a été employé avec succès par plusieurs habiles Physiciens, & sur-tout par M. Mariotte. La machine dont je me sers, & qui est représentée par la *Figure* 17. n'est autre chose que la sienne, dont j'ai étendu les usages, & que j'ai rendue plus commode.

* Fig. 21.

Avant que deux corps se choquent, il y a entre eux un espace qui doit être parcouru, ou par l'un des deux entiérement, ou en partie par l'un, & en partie par l'autre : autrement il n'y auroit point de choc. Cet espace ne peut être parcouru que dans un certain tems, & la durée de ce tems mesure la vîtesse *respective* de ces deux corps; c'est-à-dire, la vîtesse avec laquelle la distance diminue, soit que l'un des deux reste en repos, soit qu'ils se meuvent tous

deux dans le même ſens, ou en ſens contraires, également, plus ou moins vîte l'un que l'autre : de ſorte que ſi deux corps *A*, *B*, *Fig*. 16. diſtans de 4 pieds, ſe joignent en une ſeconde, la vîteſſe reſpective eſt la même, ſoit que *B* ſeul parcoure l'eſpace entier, ſoit qu'il rencontre *A* venant à lui au deuxiéme ou au troiſiéme pied, &c. pourvû que le mouvement qui les approche l'un de l'autre ſe paſſe dans une ſeconde. Il ne faut donc pas confondre cette vîteſſe reſpective avec la vîteſſe *abſolue*, ou propre de chaque mobile ; car on voit par cet exemple, que celle-ci peut varier dans des cas où l'autre ne changeroit point.

La vîteſſe reſpective étant donnée, il faut encore conſidérer les maſſes ; car le corps choqué oppoſe ſon inertie au corps choquant, & nous avons vû ailleurs que cette eſpéce de réſiſtance ſe meſure par la quantité de matiére contenue & liée ſous le même volume. Ainſi l'on doit s'attendre que dans le choc une grande maſſe recevra moins de vîteſſe qu'une plus petite ; & que pour faire prendre plus de mouvement à un même corps,

il en faudra donner auſſi davantage au mobile qui doit le communiquer, parce que l'inertie réſiſte non-ſeulement au mouvement, mais auſſi à un plus grand mouvement, comme nous l'avons prouvé ailleurs.

Quand nous avons parlé du mouvement en général, nous nous ſommes abſtenus d'examiner la nature de cette eſpéce d'être, ou de modification, parce que ces ſortes de queſtions appartiennent plutôt à la Métaphyſique, qu'à la Phyſique expérimentale. Par la même raiſon nous ne nous arrêterons pas à diſcuter de quelle maniére la vîteſſe paſſe d'un corps à l'autre. Nous nous bornerons aux faits qui peuvent être conſtatés; & en parcourant les cas les plus généraux, nous établirons par voie d'expérience des propoſitions qu'on pourra regarder comme des principes ou des loix, auſquelles on pourra rapporter d'autres effets plus détaillés, comme autant de conſéquences.

ARTICLE PREMIER.

Du Choc des Corps non-Elaſtiques.

PREMIERE PROPOSITION.

Quand un corps en repos eſt choqué par un autre corps, la vîteſſe du corps choquant doit ſe partager entre les deux ſelon le rapport des maſſes.

C'eſt-à-dire, qu'après le choc, les deux corps continueront de ſe mouvoir ſelon la direction du corps choquant ; & que la vîteſſe de celui-ci ayant été diminuée par la réſiſtance de l'autre, le reſtant qui ſera commun aux deux, doit être d'autant moindre, que le corps choqué aura plus de maſſe.

Ainſi le corps en repos ayant été choqué par une maſſe égale à la ſienne, la vîteſſe après le choc ſera réduite à moitié.

Il reſtera les deux tiers de la vîteſſe, ſi le corps qui choque eſt double de l'autre.

Si c'eſt le corps choqué qui eſt double en maſſe, la vîteſſe après le

choc ne ſera que le tiers de ce qu'elle étoit avant : mettons ces trois cas en expériences.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La machine qui eſt repréſentée par la *Fig.* 17. étant diſpoſée de façon que le fil à plomb ſoit parallele à la ligne *AB*; que les deux fils de ſuſpenſion *CD*, *EF*, ſoutiennent dans une même ligne, & à même hauteur, les centres de deux boules de terre molle, qui péſent chacune 2 onces, & de maniére qu'étant en repos leurs ſurfaces ſe touchent en un point ; que la premiere graduation de chacune des deux régles mobiles *G*, *H*, ſoit vis-à-vis de chacun des fils, & qu'enfin le petit curſeur ou index *L*, ſoit placé un peu avant la troiſiéme graduation de la régle *G*, & l'autre index *M*, vis-à-vis la ſixiéme de l'autre régle *H*.

EFFETS.

La boule *F* portée en *M*, & abandonnée à ſon propre poids, va frapper l'autre boule *D* ; l'une & l'autre

s'applatiſſent également à l'endroit du contact, & après le choc elles ſe meuvent toutes deux du même côté, & le fil qui ſuſpend la boule *D*, va toucher l'index *L*.

EXPLICATIONS.

Quand la boule *F* eſt tombée par un arc de ſix graduations, ſi elle ne trouvoit point d'obſtacles, elle remonteroit dans la partie oppoſée, par un arc ſemblable. C'eſt une choſe dont on peut s'aſſurer en ôtant de ſon chemin la boule *D*, & nous en dirons la raiſon en expliquant les phénoménes de la peſanteur. Ainſi lorſqu'en venant du point *M*, elle ſe trouve en *F*; ſon mouvement alors eſt tel, qu'il peut élever ſa maſſe de deux onces dans un arc de ſix graduations. Mais une force qui peut tranſporter une maſſe de deux onces à ſix degrés de diſtance dans un tems donné, ne peut porter qu'à la moitié de cette diſtance une maſſe double en pareil tems. Or quand la boule *F* rencontre la boule *D*, qui ne lui permet de paſſer outre qu'en l'emportant avec elle; c'eſt une vîteſſe de

6 degrés appliquée à une maſſe de 4 onces, & l'une & l'autre enſemble doivent ceſſer de ſe mouvoir, après avoir parcouru ſeulement trois graduations, comme l'expérience le fait voir.

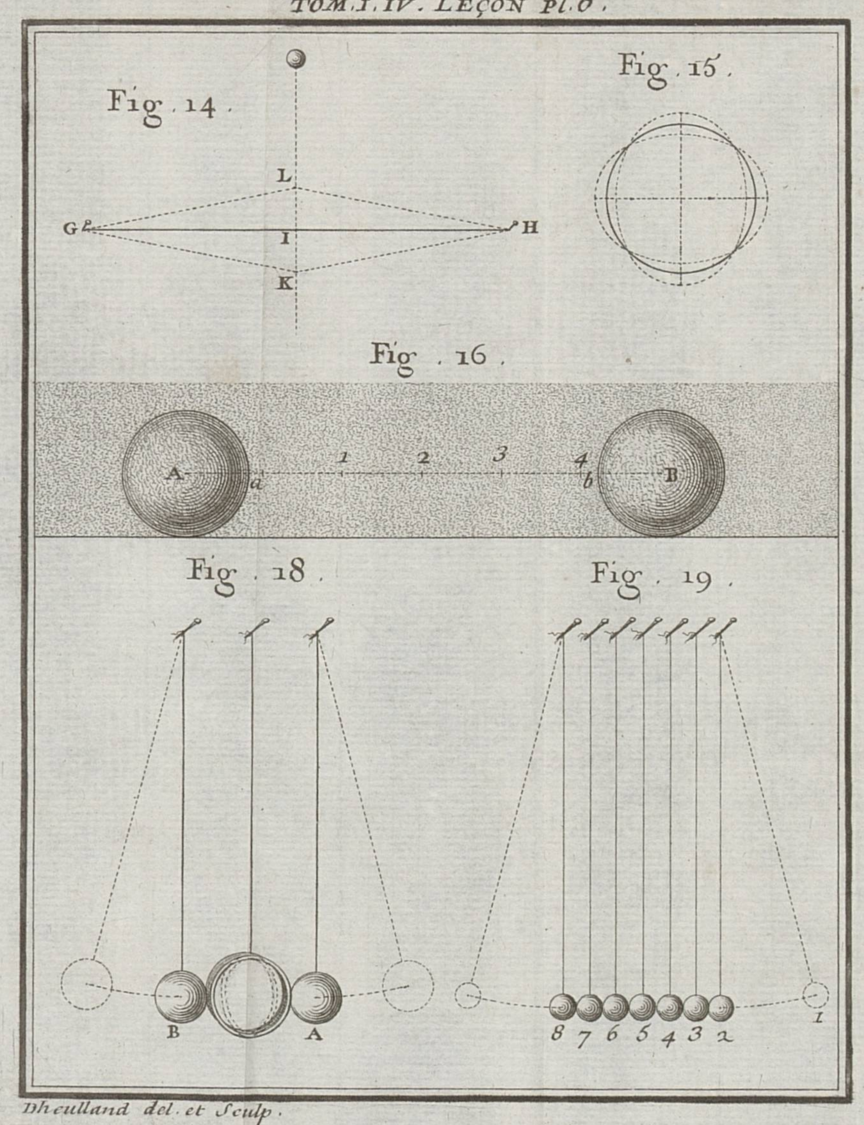
Il ſe fait dans le tems du choc un applatiſſement aux deux boules, & dans le cas préſent cet applatiſſement eſt égal de part & d'autre; ces deux faits méritent d'être obſervés & expliqués.

Nous avons déja dit que rien ne ſe fait avec préciſion, & par ſaut, dans la nature; & que les effets les plus prompts, & qui paroiſſent inſtantanés à nos ſens, ne ſont jamais produits que dans un tems fini, c'eſt-à-dire, dans un tems dont la durée n'eſt pas la plus courte qu'on puiſſe imaginer. Lorſque les deux boules commencent à ſe toucher, les parties les plus avancées de la boule choquante ont déja perdu une partie de leur vîteſſe, pendant que le centre & les parties les plus reculées ont encore toute la leur; ce n'eſt donc qu'après quelques inſtans (fort courts à la vérité) que cette maſſe rallentie

prend une vîtesse également retardée dans toutes ses parties. Mais si les parties d'un corps se meuvent plus vîte les unes que les autres, leur position relative, ou (ce qui est la même chose) la figure du corps doit être changée. L'applatissement de la boule *F* est donc un effet & une preuve de sa vîtesse retardée successivement en plusieurs tems.

On doit dire la même chose de la boule choquée : elle ne passe pas toute en un même instant de son état de repos à trois degrés de vîtesse ; les parties immédiatement exposées au choc, se meuvent & plutôt & plus vîte que le centre & l'hémisphére qui est au-delà ; & ces déplacemens successifs occasionnent une introcession de matiére qui change la figure.

Mais ces applatissemens dans l'une & dans l'autre boule, sont causés par l'inertie qui s'oppose au changement d'état de chacune d'elles ; & cette inertie est égale à la masse : ainsi dans le choc de deux corps, dont les poids sont égaux & de même matiére, les applatissemens doivent aussi se faire également de part & d'autre,


Fig. 14.
L
G
I
H
K
Fig. 15.
Fig. 16.
A
a
1
2
3
4
b
B
Fig. 18.
B
A
Fig. 19.
8 7 6 5 4 3 2
1
Dheulland del. et Sculp.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On fait la boule *D* de 4 onces, la boule *F* de 2 onces : on laiſſe la premiére en repos, & l'on donne à l'autre 6 degrés de vîteſſe, le reſte étant diſpoſé comme dans l'expérience précédente.

EFFETS.

Après le choc, les deux boules continuant de ſe toucher parcourent enſemble deux graduations, & l'applatiſſement de part & d'autre eſt plus grand que dans le cas précédent.

EXPLICATIONS.

La boule *F* en deſcendant de 6 graduations reçoit 6 degrés de vîteſſe, c'eſt-à-dire, qu'elle peut porter ſon propre poids l'eſpace de 6 graduations vers la partie oppoſée. Mais ce poids étant augmenté de deux tiers en ſus par la rencontre de la boule *D*, qu'elle emporte avec elle, ſa force ne ſuffit plus que pour un tiers de l'eſpace qu'elle auroit parcouru ſi

rien ne s'étoit opposé à son passage.

Quant à l'applatissement, il doit être d'autant plus grand que le corps choqué a résisté plus long-tems à son déplacement ; puisque, comme nous l'avons dit, c'est cette résistance qui interrompt l'uniformité de vîtesse dans les parties de chaque boule : or dans le cas présent, la boule *D* résiste une fois plus que n'auroit fait une boule de deux onces. Il y a donc eu lieu à l'enfoncement d'un plus grand nombre de parties.

III. EXPERIENCE.

Preparation.

Dans cette expérience on procéde comme dans les deux autres ; excepté seulement qu'on donne à la boule *D*, qui est en repos, deux onces de masse, & quatre onces à la boule *F* que l'on fait mouvoir avec 6 degrés de vîtesse.

Effets.

Les deux boules unies après le choc parcourent quatre graduations ; & les applatissemens sont moins forts que dans les deux cas précédens.

Explications.

EXPLICATIONS.

Ce que nous avons dit pour expliquer les deux expériences précédentes, suffit pour rendre raison de celle-ci. Il faut toujours considérer les deux boules après le choc comme ne faisant qu'une même masse ; & l'on doit faire attention aussi, que 6 degrés de force qui pouvoient porter une masse de 4 onces dans un espace de 6 graduations, n'en peuvent pas transporter une de 6 aussi loin. Si la résistance de 4 onces devoit consumer toute la force après cet espace parcouru, un tiers d'augmentation au poids doit aussi diminuer le tiers de l'espace ; & par conséquent au lieu de 6 graduations qu'auroit fait la boule *F* toute seule & sans obstacle, étant jointe à la boule *D* qu'elle a mise en mouvement, elle n'en peut plus faire que 4.

Mais comme la boule *D* qui ne pése que deux onces, a moins résisté que lorsqu'elle en pésoit quatre ou trois, elle a moins donné lieu à l'enfoncement de ses parties, & réciproquement elle a moins retardé les par-

ties antérieures de la boule *F*. Car on conçoit aiſément que ſi elle prenoit tout d'un coup, & dans un inſtant indiviſible, toute la vîteſſe qui lui doit être communiquée, il n'y auroit aucun applatiſſement de part ni d'autre, puiſqu'elle fuiroit devant la boule *F* dès l'inſtant du contact, avec une vîteſſe égale à celle du corps choquant, ce qui la feroit échapper à ſon action.

APPLICATIONS.

Puiſque dans le choc où l'un des deux corps eſt en repos, la vîteſſe du corps choquant diminue à proportion de la maſſe du corps choqué, on doit en tirer cette conſéquence, que le mouvement doit être inſenſible après le choc, ſi celui qui eſt en repos, eſt infiniment plus grand que celui qui vient le frapper; & c'eſt par cette raiſon, ſans doute, qu'un boulet de canon paroît avoir perdu tout ſon mouvement, quand on l'a tiré contre un rempart ou contre une groſſe tour; car la vîteſſe qui lui reſte après le coup eſt à celle qu'il a communiquée, comme ſa maſſe eſt à cel-

le de l'obſtacle qu'il a frappé, c'eſt-à-dire, comme une quantité infiniment petite à une quantité infiniment grande.

C'eſt auſſi en conſéquence de ce principe, que l'on dit, que la plus groſſe maſſe eſt toujours déplacée (quoiqu'infiniment peu) par la percuſſion du plus petit corps. Mais je ne vois pas qu'on ſoit obligé d'admettre cette propoſition comme une ſuite néceſſaire de la loi que nous venons d'établir, à moins qu'on ne ſuppoſe le corps choqué abſolument inflexible; autrement, s'il eſt auſſi grand qu'on peut l'imaginer, ſa réſiſtance ſera aſſez durable pour conſumer toute la vîteſſe ſenſible du mobile par l'introceſſion des parties occaſionnée par le choc.

Les expériences que nous venons de rapporter, nous apprennent auſſi pourquoi en général tous les corps ſe rompent, ou perdent plutôt leur figure en heurtant contre des obſtacles inébranlables, que lorſqu'ils en rencontrent de mobiles. Une chaloupe ſe briſe contre un rocher, & elle ne périt point par le choc d'une au-

tre chaloupe qu'elle rencontre en repos. C'eſt que le rocher ne cédant que peu ou point au mouvement de la chaloupe, les parties de celle-ci qui commencent le choc, ont déja perdu toute leur vîteſſe, pendant que les autres ont encore toute la leur. Il ſe fait donc un changement de figure, les piéces ſont contraintes & ſe rompent, ſi le choc eſt aſſez violent : au lieu que ſi le bateau rencontre un corps flottant qui obéiſſe à ſon impulſion, les parties expoſées au choc ne ſont point entiérement arrêtées, & les autres ſont peu-à-peu retardées comme elles.

Les ouvriers qui travaillent du marteau diſent, que le coup porte à faux, quand la matiére qu'ils travaillent lui échappe, ſoit parce qu'elle n'eſt pas ſuffiſamment ſoutenue, ſoit parce que l'inſtrument eſt mal dirigé : & le forgeron ſe plaint avec raiſon d'une enclume trop légére, ou qui eſt placée ſur un plancher peu ſolide ; car alors le fer qu'il travaille, cédant avec ſon point d'appui, le coup n'a point tout ſon effet, comme il l'auroit ſi l'enclume

plus immobile tenoit dans un parfait repos le côté du fer qui la touche, pendant que le marteau frappe ſur l'autre.

Le jeu du mail a tant de rapport à notre premiére propoſition ſur le choc des corps, & aux expériences que nous avons employées pour la prouver, qu'il eſt preſqu'inutile d'en faire ici l'application. Pour peu qu'on y faſſe attention, on verra bien-tôt ſur quoi ſont fondées les proportions qu'il faut mettre entre la maſſe du mail & la boule; comment l'un au moyen d'un long manche, reçoit du joueur une très-grande vîteſſe; pourquoi, & dans quel rapport, une partie de cette vîteſſe eſt communiquée à l'autre, &c.

II. PROPOSITION.

Quand deux corps qui ſe meuvent du même ſens avec des vîteſſes inégales, viennent à ſe heurter, ſoit que leurs maſſes ſoient égales, ou non, ils continuent de ſe mouvoir enſemble & dans leur première direction, avec une vîteſſe commune, moins grande que celle du corps cho-

quant, mais plus grande que celle du corps choqué, avant la percussion.

Dès qu'on suppose que les deux corps se meuvent dans le même sens, il faut nécessairement que celui qui précéde aille moins vîte que l'autre pour être choqué ; car s'ils alloient tous deux avec des vîtesses égales, il est évident qu'ils ne s'approcheroient point, & par conséquent il n'y auroit point de choc. Quand le corps qui a le plus de vîtesse rencontre celui qui en a moins, la lenteur de l'un fait obstacle à l'autre ; mais cet obstacle est mobile, & il doit partager l'excès de vîtesse du corps choquant, à raison de sa masse, comme on l'a fait voir ci-dessus. Les expériences qui suivent, feront connoître dans quel rapport la vîtesse est retardée dans l'un & accélérée dans l'autre.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut faire les boules *D* & *F* du poids de 2 onces chacune, & les laisser tomber en même tems, l'une par

un arc de 3 graduations, & l'autre par un arc de 6, pris du même côté.

EFFETS.

Ces deux boules se joignent à l'endroit où leurs fils de suspension se trouvent perpendiculaires à l'horizon : il se fait à l'une & à l'autre un petit applatissement, après quoi elles continuent de se mouvoir ensemble du même côté, & remontent un arc de 4 graduations $\frac{1}{2}$.

EXPLICATIONS.

La boule *F* ayant 6 degrés de vîtesse propre contre 3, s'est approchée de la boule *D* avec une vîtesse respective, qui étoit 3 excès de 6 sur 3. Nous dirons ailleurs pourquoi lorsque leur mouvement se fait dans des arcs du même cercle, quoiqu'inégaux, les deux boules se choquent précisément à l'endroit le plus bas de leur chûte.

Quant aux enfoncemens des parties qui se touchent dans le choc, ils doivent être proportionnels à la vîtesse respective, qui est moindre que la vîtesse absolue ou propre de

la boule choquante, dans le cas présent, où la boule choquée qui se meut du même sens, échappe en partie à son effort.

Enfin les deux boules remontent ensemble un arc de 4 graduations $\frac{1}{2}$; c'est-à-dire que leur vîtesse commune comparée à celle de la boule *F* avant le choc, se trouve diminuée d'un quart; & c'est à quoi l'on devoit s'attendre: car le corps choquant ayant 6 degrés de vîtesse, & rencontrant un autre corps d'une masse égale à la sienne qui n'en a que 3, doit en perdre autant qu'il faut qu'il en communique à l'autre pour le mettre en état d'aller aussi vîte que lui: or l'égalité des masses exige qu'il lui en donne 1 & $\frac{1}{2}$, qui est la moitié de 3, différence des deux vîtesses avant le choc: & 1 & $\frac{1}{2}$ ôté de 6 & ajouté à 3, fait qu'il se trouve 4 & $\frac{1}{2}$ dans l'un, & autant dans l'autre.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Cette expérience se fait comme la premiére, avec cette différence que

que la boule *D* pése 4 onces, & la boule *F* 2 onces : les vîtesses restant dans le rapport de 3 à 6.

EFFETS.

Après le choc les deux boules continuent de se mouvoir ensemble ; les applatissemens sont plus grands que dans l'expérience précédente, & l'arc qu'elles parcourent est de 4 graduations.

EXPLICATION.

Tout ce que nous avons dit pour expliquer la premiére expérience, suffit pour faire entendre celle-ci ; il ne s'agit que d'appliquer les mêmes raisons en gardant les proportions. L'excès de vîtesse dans la boule *F* avant le choc étoit 3, qui a dû diminuer des deux tiers par la résistance de la boule *D*, dont la masse est double : ainsi après le choc il a dû se trouver 4 degrés de vîtesse, puisque de 6 qui étoient dans le corps choquant, il ne s'en est perdu que 2, par l'action qui a rendu la vîtesse uniforme dans les deux boules.

Les applatissemens ont été plus

grands que dans la premiére expérience ; parce que la résistance du corps choqué a été plus forte : c'est ce que l'on reconnoîtra d'abord, si l'on fait attention que la boule *D* étant de 4 onces, a consommé un tiers de la vîtesse du corps choquant, au lieu qu'étant seulement de 2 onces dans le cas précédent, elle n'en a consommé que le quart.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On donne à la boule *D* 2 onces de masse, à la boule *F* 4 onces, & l'on met les vîtesses dans le rapport de 6 à 3.

EFFETS.

La boule *D* après le choc est emportée par la boule *F*, de sorte qu'elles parcourent ensemble un arc de 5 graduations ; & les applatissemens sont moindres que dans les deux expériences précédentes.

EXPLICATIONS.

La boule *F* partageant son excès

de vîteſſe qui eſt 3, avec une maſſe qui eſt moitié moins grande que la ſienne, en retient les deux tiers; les deux maſſes jointes enſemble après le choc, doivent donc repréſenter 6 degrés de vîteſſe, moins un, que la réſiſtance du corps choqué a retranché, avant que de prendre un mouvement uniforme à celui du corps choquant.

Les applatiſſemens ont été moins grands que dans les cas précédens, parce que la réſiſtance a été moins forte de la part du corps choqué; car 2 onces de maſſe réſiſtent moins à 4 onces, que 4 à 2, ou 2 à 2; les vîteſſes étant toujours en même rapport.

APPLICATIONS.

Il eſt aiſé de voir par les expériences de la ſeconde propoſition, qu'après le choc de deux corps, dont l'un va plus vîte que l'autre dans la même direction, les vîteſſes propres, pour devenir uniformes, changent dans l'un de plus en moins, & dans l'autre de moins en plus; puiſque celle du corps *D* a toujours été augmen-

tée, & que celle du corps *F* au contraire a toujours ſouffert quelque diminution. C'eſt ainſi qu'un bateau qui obéit à l'impulſion des rames, reçoit un accroiſſement de vîteſſe en retardant celle d'un volume d'air agité, dans la direction duquel on le méne; il va moins vîte que le vent, mais ſon mouvement eſt toujours plus prompt que s'il n'alloit qu'à force de bras.

Le vol le plus rapide, la courſe la plus légére, n'empêche pas que le plomb du chaſſeur ne frappe la piéce de gibier qui fuit devant lui; mais à égale diſtance le coup eſt moins ſûr que ſi l'animal étoit poſé, ou qu'il vînt en ſens contraire: & l'on ſçait qu'un liévre, un chevreuil, &c. tiré en flanc, eſt plus facilement arrêté, que quand il fuit devant le coup. Une des raiſons qu'on en peut donner, c'eſt qu'alors la vîteſſe reſpective du plomb eſt plus grande, parce que l'animal ſe meut dans une direction qui ne l'éloigne que peu ou point du chaſſeur, & qu'à cet égard il eſt comme fixe. Nous avons vû par les expériences de la premiére propoſition,

qu'en pareil cas, le choc eſt plus grand.

III. PROPOSITION.

Si les deux corps qui doivent ſe choquer, ſe meuvent en ſens directement contraires, le mouvement périra dans l'un & dans l'autre, ou au moins dans l'un des deux : s'il en reſte après le choc, les deux corps iront du même ſens ; & la quantité de leur commun mouvement ſera égale à l'excès de l'un des deux avant le choc.

C'eſt-à-dire, que dans le cas où les deux mouvemens ſeroient égaux avant le choc, les deux mobiles ſeroient réduits au repos. Et ſi l'un des deux avant le contact en avoit davantage, il ne reſteroit après la percuſſion que la quantité excédente, qui ſeroit le mouvement commun des deux corps. Deux expériences mettront ceci en évidence.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La boule *D* péſant 2 onces, & la boule *F* autant, on éléve l'une par

un arc de 6 graduations d'une part, & l'autre par un arc ſemblable du côté oppoſé ; & on les laiſſe tomber en même tems.

EFFETS.

Ces deux corps ſe rencontrent au lieu le plus bas de leur chûte où ils demeurent en repos ; & leurs applatiſſemens ſont plus grands que dans les cas où la boule *F* eſt tombée par un arc ſemblable contre *D* en repos, ou qui fuyoit devant elle.

EXPLICATIONS.

Dans cette expérience la quantité du mouvement eſt égale de part & d'autre ; car dans l'une & dans l'autre boule avant le choc, on compte 6 degrés de vîteſſe multipliés par 2 onces de maſſe. Deux corps qui ſe rencontrent allant en ſens contraires, ſe font réciproquement réſiſtance ; ici de part & d'autre la force ou la puiſſance eſt retenue en équilibre par une réſiſtance égale, & cet équilibre fait naître le repos dans les deux mobiles. Les applatiſſemens ſont plus grands qu'ils n'ont été dans les expériences

des deux premiéres propositions, où nous avons toujours donné 6 degrés de vîtesse au corps choquant; mais il faut faire attention que dans celle-ci la vîtesse respective d'où dépend la force du choc, est doublée ou plus que doublée. Car lorsque la boule *D* étoit en repos avant le choc, la vîtesse respective de *F* n'étoit autre chose que sa vîtesse propre, c'est-à-dire, 6; ou moins que 6, lorsque la boule *D* fuyoit devant elle: ici les deux boules ayant chacune 6 degrés de vîtesse propre en allant l'une vers l'autre, la vîtesse respective est 12; c'est-à-dire, que l'espace qui les sépare avant le choc, est parcouru en une fois moins de tems.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

On fait mouvoir les deux boules *D* & *F* l'une vers l'autre, comme dans l'expérience précédente, & l'on met leurs quantités de mouvement dans le rapport de 12 à 24, en doublant la masse ou la vîtesse de *F*.

EFFETS.

Les deux boules après le choc continuent de se mouvoir dans la direction d'*F* avec 2 degrés de vîtesse, si l'on a doublé le mouvement par la masse, ou avec 3, si c'est par la vîtesse.

EXPLICATIONS.

Si les 24 degrés de mouvement de la boule *F* lui viennent de 4 onces de masse & de 6 degrés de vîtesse : lorsqu'elle rencontre la boule *D* venant contre elle avec 12 degrés de mouvement, produit de 2 onces par 6 de vîtesse, elle oppose sa double masse & la moitié de sa vîtesse pour l'arrêter, & cela suffit ; car 3 de vîtesse multipliant 4 de masse, égale tout le mouvement de la boule *D* qui est 12 ; il reste donc à la boule *F* 3 degrés de vîtesse, avec lesquels elle continue d'agir sur *D*, qu'on doit considérer comme en repos immédiatement après le contact. Mais elle ne peut mouvoir un corps en repos qu'en lui communiquant de la vîtesse aux dépens de la sienne, & nous

avons vû que cette communication ſe fait en raiſon des maſſes ; comme la boule *D* n'a que 2 onces de maſſe, contre 4, la boule *F* ne perd qu'un tiers de la vîteſſe qui lui reſte ; ainſi la vîteſſe commune après le choc eſt 2 pour deux maſſes qui priſes enſemble égalent 6 onces.

On voit donc, 1°. que le mouvement qui reſte après le choc, eſt égal à la différence des deux quantités avant le choc ; car 12 eſt l'excès de 24 ſur 12 : 2°. que cette différence diviſée par la ſomme des maſſes, donne la vîteſſe commune après le choc; car 12 diviſé par 6, ſomme de 2 & de 4 onces, donne 2 de vîteſſe, comme l'expérience l'a repréſenté.

On trouveroit la même choſe, ſi l'on avoit doublé le mouvement de la boule *F*, en doublant ſa vîteſſe propre. Car alors pour arrêter la boule *D* qu'on ſuppoſe avoir 12 degrés de mouvement, & égale en maſſe, elle perdroit 6 degrés de vîteſſe ; & pour l'emporter avec elle, il faudroit qu'elle lui en communiquât encore 3, de 6 qui lui reſtent. Après le choc, il reſteroit donc 3 degrés de vîteſſe

commune à 4 onces de maſſe, ſomme des deux boules, & par conſéquent la quantité de mouvement ſeroit toujours 12, différence de 24 à 12.

APPLICATIONS.

Ces dernieres expériences font connoître en général, pourquoi il faut employer plus de force pour repouſſer un mobile dans un ſens contraire à ſon mouvement, que pour l'arrêter ſimplement : car non-ſeulement il faut employer une force équivalente à la ſienne pour vaincre ſon premier mouvement ; mais il faut encore ajouter toute celle qui eſt néceſſaire pour lui en faire reprendre un autre. C'eſt pourquoi l'on fait plus d'effort pour faire rétrograder une boule qui roule ſur un plan, que pour la fixer en s'oppoſant à ſon paſſage. Mais nous avons vû en même-tems, que l'effort d'un mobile qui vient contre un autre peut croître, & par la vîteſſe, & par la maſſe. On ne doit donc pas être ſurpris que les joueurs de paume trouvent quelquefois le batoir ou la raquette trop le-

gére ; puiſqu'en ſuppoſant le coup frappé avec la même vîteſſe, ſon effet doit être moins grand ſi la maſſe avec laquelle il eſt porté eſt plus foible.

COROLLAIRE.

Il ſuit des deux premieres propoſitions & des expériences qu'on a employées pour les prouver : 1°. Que quand les mouvemens ne ſont point réciproquement oppoſés, les deux maſſes réunies après le choc repréſentent la même quantité de mouvement qui ſubſiſtoit dans l'une d'elles, ou dans toutes les deux avant le contact. Prenons la premiere expérience de la premiere propoſition pour exemple.

Avant le choc, tout le mouvement réſidoit dans la boule *F*, & ſa quantité étoit 12, produit de 6 degrés de vîteſſe par 2 onces de maſſe. Après le choc, la quantité du mouvement dans les deux boules réunies eſt encore 12, produit de 4 onces de maſſe par 3 de vîteſſe commune. On peut aiſément appliquer ce calcul aux autres expériences, & l'on trouvera toujours la même choſe.

De cette premiere conséquence, il en naît une autre ; c'est que si l'on connoît la vîtesse commune après le choc, on peut connoître quelle est la somme des masses ; & réciproquement la somme des masses fera connoître la vîtesse commune. Prenons pour exemple la premiere expérience de la seconde proposition.

La somme des mouvemens avant le choc, étoit 18, sçavoir 12, produit de 2 onces par 6 de vîtesse ; & 6, produit de 2 onces par 3 de vîtesse. Selon la premiere conséquence, après le choc les deux masses doivent représenter ensemble une quantité de mouvement qui égale 18. Je sçai que la masse totale est 4 onces ; je divise 18, quantité du mouvement, par 4, somme des masses, & j'ai $4\frac{1}{2}$ pour la vîtesse commune.

De même je sçai que la vîtesse commune est $4\frac{1}{2}$; je connois que la somme des masses est 4, en divisant 18 par $4\frac{1}{2}$.

Enfin l'on voit par la troisiéme proposition, 1°. que quand les corps se heurtent en sens contraires, il périt une partie du mouvement ; 2°. que

l'on peut juger, comme dans les autres cas, par la vîtesse commune après le choc, & par le rapport des masses, quelles ont été les vîtesses propres avant le choc ; ou bien quel est le rapport des masses, par la comparaison de la vîtesse commune, avec les vîtesses propres.

ARTICLE II.

Du Choc des Corps à ressort.

DANS toutes les expériences qui ont servi de preuves aux propositions énoncées sur le choc des corps non-élastiques, nous avons toujours observé deux effets principaux, sçavoir une communication de mouvement du corps choquant au corps choqué, & un changement de figure ou applatissement à l'un & à l'autre à l'endroit du contact. Ces deux effets ont une cause commune, qui est la percussion ; c'est par cette action que la vîtesse se transmet, & se distribue uniformément entre les deux masses : mais pendant que cette répartition se fait entre les deux corps, leurs figures changent, & l'applatis-

ſement qui en réſulte dépend particuliérement de la réſiſtance plus ou moins longue du corps choqué : c'eſt pourquoi, quand bien même la vîteſſe reſpective ſeroit toujours la même, la grandeur des applatiſſemens varieroit toujours, ſuivant le rapport des maſſes qui ſe choquent, comme on a pu le remarquer par les expériences précédentes.

Dans le choc des corps à reſſort, la nature ſuit toujours les mêmes loix qu'elle s'eſt preſcrites, & que nous avons reconnues dans la percuſſion des corps non-élaſtiques : mais comme les parties enfoncées par le choc ſe rétabliſſent, avec la même vîteſſe qu'elles ont été déplacées, ce dernier effet qui ſe mêle à celui du mouvement communiqué par le choc, apporte beaucoup de changement aux réſultats.

Il faudra donc ſoigneuſement diſtinguer deux ſortes de mouvemens dans la percuſſion des corps élaſtiques, l'un qui eſt indépendant du reſſort, & que nous nommerons *mouvement primitif ;* l'autre qui naît de la réaction des corps applatis ou com-

primés dans le choc, & que nous appellerons *mouvement de ressort*, *mouvement refléchi*, ou simplement *réaction*.

PREMIERE PROPOSITION.

Quand un corps à ressort va frapper un autre corps à ressort qui est en repos, ou qui se meut du même sens que lui ; celui-ci après le choc se meut dans la direction du corps qui l'a frappé, & avec une vîtesse composée de celle qui lui a été donnée immédiatement, ou par communication, & de celle qu'il acquiert par sa réaction après le choc ; & le corps choquant dont le ressort agit en sens contraire, perd en tout ou en partie, ce qu'il avoit gardé de sa vîtesse premiere : & si son mouvement réfléchi excéde le restant de sa vîtesse premiere, il rétrograde suivant la valeur de cet excès.

Ces expressions générales s'entendront mieux, si nous en faisons des applications. Supposons donc que les masses soient égales ; en conséquence de cette premiere proposition, je dis qu'après le choc, celui des deux corps qui étoit en repos, recevra tant par communication que par sa réaction, une quantité de mou-

vement égale à celle qu'avoit l'autre corps avant la percussion ; & que celui-ci sera réduit au repos par son ressort, qui détruira le reste de sa vîtesse primitive.

Si l'on suppose les masses inégales, & que le corps choqué soit le plus petit, tous deux après le choc iront dans la direction du corps choquant ; mais celui-ci aura moins de vîtesse que l'autre.

Enfin si le corps choqué a plus de masse que l'autre, il ira seul dans la direction du corps choquant, & celui-ci retournera en arriére.

Réalisons ces trois suppositions par autant d'expériences qui serviront de preuves à notre premiere proposition, & aux conséquences que nous en tirerons. Nous employons des boules d'yvoire bien rondes, que l'on suspend à des fils comme celles de terre molle, & avec la même machine.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La boule *D* en repos, pese 2 onces;

ces; la boule *F* qui eſt égale, deſcend par un arc de 6 graduations.

EFFETS.

Après le choc, la boule *F* demeure en repos à l'endroit du contact, & la boule *D* parcourt un arc de 6 graduations dans la partie oppoſée; ce qui fait voir que le corps choqué a reçu une vîteſſe égale à celle du corps choquant.

EXPLICATIONS.

La boule *F* ayant rencontré la boule *D* en repos, lui a communiqué la moitié de ſa vîteſſe, à cauſe de l'égalité des maſſes; & elle en a gardé 3 par la même raiſon, pour continuer de ſe mouvoir dans la même direction. Tel ſeroit l'effet total de cette percuſſion, ſi les boules n'avoient point de reſſort, comme on l'a vû par la premiere expérience de l'article premier. Mais à cauſe de l'élaſticité, la boule *D* comprimée ou applatie, ſe rétablit en s'appuyant contre la boule *F*; ce qui fait que cette réaction la porte en avant, avec autant de vîteſſe qu'elle a été compri-

mée. Or cette vîtesse est la moitié de celle qui a fait rencontrer les deux boules, c'est-à-dire, 3 degrés. Ainsi après le choc la boule *D* se meut avec 6 degrés de vîtesse, sçavoir 3 qu'elle a reçus par communication, & 3 qui lui viennent de sa réaction.

La boule *F* a gardé 3 degrés de sa vîtesse primitive ; mais sa réaction qui est égale se fait en sens contraire, & la réduit au repos.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La boule *D* étant de 2 onces, & la boule *F* de 4 onces, on donne à celle-ci 6 degrés de vîtesse, l'autre étant en repos.

EFFETS.

Après le choc, la boule *D* parcourt 8 graduations dans la direction de la boule *F*, & celle-ci continue de se mouvoir du même côté, & parcourt 2 graduations.

EXPLICATIONS.

Il faut considérer d'abord le mou-

vement communiqué en raiſon des maſſes, indépendamment du reſſort; & voir enſuite ce que la réaction ajoute à ce premier effet, ou ce qu'elle en diminue.

Si les boules n'étoient point élaſtiques, *F* de 4 onces rencontrant *D* de 2 onces en repos, ne perdroit que 2 degrés de vîteſſe des 6 qu'elle a, & les deux maſſes s'en iroient du même côté avec un mouvement commun, dont la vîteſſe ſeroit 4, comme nous l'avons vû ci-deſſus.* Mais après le choc, il y a réaction réciproque entre les deux boules à cauſe de leur élaſticité; & cette réaction eſt égale à 4 degrés de vîteſſe communiquée, qui ont cauſé la compreſſion. Il faut donc regarder cette réaction, comme une force qui ſe déploye entre les deux boules pour les repouſſer de part & d'autre; elle concourt avec le mouvement communiqué à la boule *D*, & elle l'augmente de moitié. Elle tend au contraire à détruire celui qui reſte à la boule *F*; mais il faut faire attention que cette derniere maſſe eſt de 4 onces, double de l'autre, & que la

* I. Prop. III. Exp.

réaction qui peut faire avancer deux onces de 4 espaces, n'en peut faire rétrograder que 2 à un poids qui est double : ainsi la boule *F* malgré sa réaction, avance encore 2 graduations après le choc, en vertu de son mouvement primitif.

III. EXPERIENCE.

PREPARATION.

La boule *F* de 2 onces va frapper avec 6 degrés de vîtesse, la boule *D* en repos qui pése 4 onces.

EFFETS.

Après le choc, la boule *D* parcourt 4 graduations dans la direction de la boule *F*, & celle-ci retourne en arriére l'espace de 2. graduations.

EXPLICATIONS.

La résistance de la boule *D* contre la boule *F*, a réduit la vîtesse premiere de 6 à 2, en vertu de sa double masse; mais les deux degrés de vîtesse qu'elle a reçus par communication, ont occasionné une réaction de même valeur; ce qui fait qu'elle par-

court 4 graduations en avant. La même réaction agiſſant ſur *F*, qui ne peſe que 2 onces, a dû produire un effet double, c'eſt-à-dire, qu'en vertu de ſon reſſort, elle parcourroit 4 graduations en arriére; mais elle a gardé 2 degrés de ſa premiere vîteſſe : cet effet ſe réduit donc à moitié, elle n'en parcourt que 2.

APPLICATIONS.

On a pu remarquer par les réſultats des trois expériences que nous venons de rapporter, en preuves de notre premiere propoſition, que le mouvement de réaction double toujours celui que le corps choqué acquiert par communication. Car lorſque la boule *D* en vertu du mouvement primitif de *F*, n'auroit dû avoir que 2, 3, ou 4 degrés de vîteſſe; on a vu qu'elle en avoit 4, 6, ou 8.

On a dû obſerver encore que cette même réaction qui double le mouvement du corps choqué pour aller en avant, tend avec autant de force à repouſſer le corps choquant en arriére; mais que ce dernier effet diminue comme la maſſe augmente. Car,

par exemple, lorſqu'en vertu de cette force la boule *D* de 2 onces recevoit 4 degrés de vîteſſe en avant, la boule *F* de 4 onces n'en recevoit que 2 en arriére.

Ces deux obſervations feront comprendre la raiſon de pluſieurs effets qu'on a tous les jours ſous les yeux, & qu'on auroit peine à expliquer, ſi l'on ignoroit ces principes.

Tous les Artiſtes qui travaillent en chambre ſur des enclumaux, ou ſur des tas d'acier, comme les Planeurs, Orfévres, Horlogers, &c. ne manquent pas d'amortir les coups par un rouleau de nattes, ou choſes équivalentes, ſur quoi ils établiſſent le billot qui porte l'inſtrument. Sans cette précaution, une grande partie de la force imprimée par le marteau, ſeroit tranſmiſe au plancher, & cauſeroit des ébranlemens préjudiciables à la charpente.

C'eſt par de ſemblables raiſons, que l'on conſtruit de briques les remparts des places fortifiées; ſi on les faiſoit de grais ou de quelqu'autre pierre dure, les coups de canon venant à frapper ces corps élaſtiques,

transmettroient leur mouvement à une plus grande profondeur, & causeroient plus de dommage.

Les effets qui résultent de la réaction réciproque de deux corps élastiques qui sont comprimés par le choc, seroient les mêmes, si ces deux corps, abstraction faite de leur ressort, avoient pressé entre eux une troisiéme matiére capable de se rétablir; comme si, par exemple, un anneau d'acier *Fig.* 18. étoit frappé de part & d'autre, en même-tems par deux boules *A* & *B*, suspendues à des fils: cet anneau comprimé par le double choc repousseroit en se rétablissant, les deux corps qui l'auroient choqué à des distances proportionnelles à leurs masses; c'est-à-dire également loin, s'ils étoient égaux, ou plus loin celui des deux qui seroit le moins pesant.

On doit encore attendre la même chose d'un corps dont le ressort antérieurement tendu viendroit à se débander entre deux mobiles; comme si l'anneau d'acier dont nous venons de parler, comprimé par un fil diamétral, venoit à se détendre contre

les deux corps *A* & *B* : ils ſeroient tous les deux repouſſés en ſens contraires, & à des diſtances qui ſeroient en raiſon réciproque des poids.

Ces effets, qui ſont des conſéquences de notre premiere propoſition, doivent ſervir à expliquer le recul des armes à feu, celui des fuſées, &c. Car on doit regarder la poudre qui s'allume entre la culaſſe, & la balle ou le boulet, comme un reſſort qui ſe déploie de part & d'autre; ſon action produit dans les deux mobiles une vîteſſe qui eſt d'autant plus grande dans l'un des deux, que ſa maſſe eſt plus petite relativement à l'autre. Ainſi comme le canon, le mouſquet, &c. (ſur-tout ſi l'on fait attention aux obſtacles qui les retiennent) ſont beaucoup plus difficiles à mouvoir que le boulet ou la balle qui fait la charge; on conçoit aiſément pourquoi ce dernier mobile reçoit de la poudre enflammée une vîteſſe incomparablement plus grande.

Une autre raiſon contribue encore à augmenter la vîteſſe de la balle, c'eſt une certaine longueur au canon qui donne le tems à la poudre de s'allumer

fumer, & de déployer toute son action; s'il est trop court, le plomb est déja sorti avant que l'explosion soit entiérement faite : c'est une des raisons pour lesquelles les pistolets ne portent jamais aussi loin que les fusils; & l'on fait le canon de ceux-ci plus long qu'à l'ordinaire, quand on les destine à tirer de fort loin. Mais cette longueur a ses bornes; & quand on les excéde, au lieu de procurer à la balle une plus grande vîtesse, on lui fait perdre au contraire, par un frottement inutile, une partie de celle qu'elle auroit, si le canon avoit une meilleure proportion.

Quant au recul, on peut dire en général, qu'en supposant la quantité & la qualité de la poudre égale, un fusil repousse d'autant plus, que la charge de plomb fait plus de résistance, soit par son poids, soit par la bourre qui le retient.

Une fusée s'éléve, parce que sa partie inférieure qui s'enflamme, fait l'office d'un ressort qui agit d'une part contre le corps de la fusée, & de l'autre contre un volume d'air qui ne céde pas aussi vîte qu'il est frap-

pé; & comme ce reſſort ſe renouvelle continuellement, par l'inflammation ſucceſſive de toutes les parties de la fuſée, il en accélere le mouvement par deux raiſons; 1°. parce que réſident dans le mobile même, il ajoute toujours à ſa vîteſſe; 2°. parce que le poids ou la réſiſtance de ce mobile diminue à chaque inſtant, par la diſſipation des parties qui brûlent.

On pourroit demander ici, pourquoi ſur le tapis d'un billard, lorſqu'une bille eſt pouſſée contre une autre en repos, il n'arrive pas la même choſe que dans la premiere expérience, qui paroît être le même cas? Pourquoi, les billes étant égales, celle qui choque continue-t'elle preſque toujours de ſe mouvoir? ne devroit-elle pas reſter ſans mouvement après le choc, comme il arrive à la boule *F*, lorſqu'elle rencontre *D* en repos?

Quoique ces deux cas paroiſſent ſemblables, ils différent cependant entre eux, en ce que la boule *F* de notre premiere expérience n'a qu'un mouvement ſimple & direct, au lieu

que la bille qu'on lui compare en a deux : car non-ſeulement ſon centre eſt porté en ligne droite, mais en même-tems elle roule ſur le plan, & toutes les parties de ſa ſurface décrivent des cercles paralleles autour de ſon axe. Lorſqu'elle rencontre une bille en repos, le mouvement direct de ſa maſſe totale eſt arrêté, par les raiſons que nous avons rapportées ; mais celui de ſes parties autour de l'axe commun ſubſiſte ; de ſorte que dans l'inſtant du choc, ſi le plan s'évanouïſſoit, & qu'elle fût ſoutenue par ſes poles, on la verroit tourner ſans avancer ni reculer ; mais ſi ce mouvement de rotation ſe fait ſur un plan, il faut de néceſſité qu'il porte la bille en avant ; c'eſt une choſe qui ſe conçoit aiſément.

II. PROPOSITION.

SI deux corps élaſtiques égaux ou inégaux en maſſe, viennent ſe heurter avec des vîteſſes propres qui ſoient égales ou inégales, après le choc ils ſe ſéparent, & leur vîteſſe reſpective eſt la même qu'avant le choc.

Car ſi ces deux corps étoient ſans

ressort, ou ils s'arrêteroient réciproquement, ou l'un des deux emporteroit l'autre, comme on l'a vû par les expériences du premier article. S'ils se séparent, c'est donc uniquement en vertu de leur réaction; mais nous avons vu aussi que cette réaction est égale à la compression, qui est comme la vîtesse respective avant le choc: celle qui en résulte après le choc doit donc être semblable, & c'est ce que l'expérience confirme.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

La boule *D* pesant 2 onces, & la boule *F* autant, on les fait tomber l'une contre l'autre par des arcs de 6 degrés chacun. C'est le cas où les masses & les vîtesses propres sont égales.

EFFETS.

Après le choc, les deux boules se séparent, & remontent chacune de son côté un arc de 6 graduations; ainsi les vîtesses propres sont de 6 degrés, & la vîtesse respective de 12, comme avant le choc.

EXPLICATIONS.

Les deux boules en s'entrechoquant à forces égales, ont perdu tout leur mouvement primitif, mais la réaction égale à la force avec laquelle elles se sont comprimées, ou (ce qui est la même chose) à leur vîtesse respective, les a remises en état de remonter les 6 graduations qu'elles avoient parcourues en descendant.

II. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut donner à la boule *D* 4 onces de masses, & à la boule *F* 2 onces, & les faire tomber l'une contre l'autre; la premiere par un arc de 4 graduations, & la seconde par un arc de 8: c'est un des cas où il y a inégalité de masses, & de vîtesses propres, quoique la vîtesse respective soit encore 12.

EFFETS.

Les deux boules après s'être heurtées, retournent à l'endroit d'où elles

sont parties avant le choc, ce qui fait voir que la vîtesse respective est la même que devant.

EXPLICATIONS.

Si les boules *D* & *F*, de cette expérience n'avoient point de ressort, elles s'arrêteroient réciproquement, parce que leurs forces sont égales; car 4 onces de masse multipliées par 4 degrés de vîtesse, donnent 16 pour la quantité du mouvement, ce qui est égal à 8 degrés de vîtesse, multipliée par 2 onces de masse. Mais ces deux boules sont élastiques, & leur compression est l'effet d'une vîtesse respective de 12 degrés; la réaction est donc une pareille vîtesse appliquée d'une part à une boule de 2 onces, & de l'autre à une boule de 4 onces; mais la force qui peut transporter 2 onces à 8 graduations, n'en peut faire parcourir que 4 à une masse de 4 onces, pendant le même-tems. Ainsi les deux boules après le choc ont dû revenir aux endroits d'où elles étoient parties, comme l'expérience l'a représenté.

APPLICATIONS.

Ce que nous avons enſeigné touchant le choc de deux corps à reſſort, a lieu auſſi quoiqu'il y en ait un plus grand nombre contigus les uns aux autres, & ces effets s'exécutent avec une promptitude admirable. Si l'on ſuſpend, par exemple, 7 ou 8 boules d'yvoire de maniere qu'elles aient leurs centres dans une même ligne, comme le repréſente la *Fig.* 19. & que l'on faſſe tomber la premiere par un arc de cercle contre la ſeconde, la huitiéme ſe ſéparera des autres avec une vîteſſe ſemblable à celle qu'auroit eu la ſeconde après le choc, ſi rien ne s'étoit oppoſé à ſon paſſage; & ſi l'on en fait tomber deux enſemble contre la troiſiéme, les deux dernieres ſe ſépareront des autres qui demeureront toutes en repos.

De même auſſi que l'on faſſe tomber la huitiéme contre la ſeptiéme d'une part, & de l'autre la premiere contre la ſeconde; ces deux boules choquantes, remonteront après le choc par les mêmes arcs qu'elles auront parcourus en deſcendant, com-

me ſi leur percuſſion avoit été immédiate.

Pour expliquer ces effets, il faut ſe ſouvenir de ce que nous avons dit à la page 311, qu'une boule à reſſort dans l'inſtant du choc, prend une figure ovale, par laquelle non-ſeulement la partie choquée eſt rapprochée du centre, mais encore celle qui lui eſt diamétralement oppoſée. Ces deux parties ſe rétabliſſent auſſitôt, & avec des vîteſſes égales à celle avec laquelle s'eſt faite leur compreſſion. On conçoit donc que la ſeconde boule frappée par la premiere, ſe ſépare d'abord un peu de la troiſiéme, & qu'ayant pris, tant par communication que par réaction, une vîteſſe égale à celle du corps qui l'a heurtée, comme nous l'avons expliqué dans la premiére expérience de la premiére propoſition; elle fait ſur la boule ſuivante ce que la premiére a fait ſur elle. La même choſe ſe fait de la troiſiéme à la quatriéme, & ainſi de ſuite juſqu'à la derniére, qui n'étant retenue par rien, obéit à l'impulſion qu'elle reçoit, & décrit un arc qui exprime une vîteſſe ſemblable

à celle du premier corps choquant.

Ces exemples de mouvemens communiqués par des corps élaſtiques & contigus, pourront nous ſervir dans la ſuite, pour appuyer quelques opinions (vraiſemblables d'ailleurs) touchant certains phénoménes ſur l'explication deſquels les Phyſiciens ſont encore partagés. Nous nous contentons pour le préſent d'établir ces principes d'expérience, que nous rappellerons, & dont nous ferons uſage à meſure que l'ordre des matiéres le permettra.

COROLLAIRE.

On a pû remarquer par les expériences que nous venons de rapporter, que quand les corps à reſſort ſe choquent de maniére qu'ils aillent dans la même direction, ou que l'un des deux reſte en repos après le choc, la ſomme des mouvemens eſt la même après comme avant la percuſſion; car immédiatement avant le choc de la premiére expérience, tout le mouvement réſide dans la boule *F*, & ſa quantité eſt 12, ſçavoir *6* de vîteſſe multipliée par 2 de maſſe; & après

le choc pareille quantité se retrouve dans la boule *D* qui se meut seule.

Mais si l'un des deux retourne en arriére, la quantité du mouvement se trouve plus grande après qu'avant le choc, comme il paroît par le résultat de la troisiéme expérience; car avant que la boule *F* rencontre la boule *D* en repos, sa quantité de mouvement est 12: sçavoir 6 de vîtesse multipliée par 2 onces. Et après la percussion, la somme des mouvemens est 20; sçavoir dans la boule *D*, 16, produit de 4 onces par 4 degrés de vîtesse, & dans la boule *F*, 4, produit de 2 onces par 2 de vîtesse.

Non-seulement la somme des mouvemens est plus grande après le choc, mais celui du corps choqué excéde même en quantité celui du corps choquant, avant le contact. Car dans la boule *F* avant le choc, le mouvement étoit 12, & après la percussion, il est 16 dans la boule *D*, comme nous venons de le remarquer.

Cet excès ou cette différence de mouvement dans le corps choqué, égale précisément la quantité de celui qui rétrograde après le choc; c'est ce

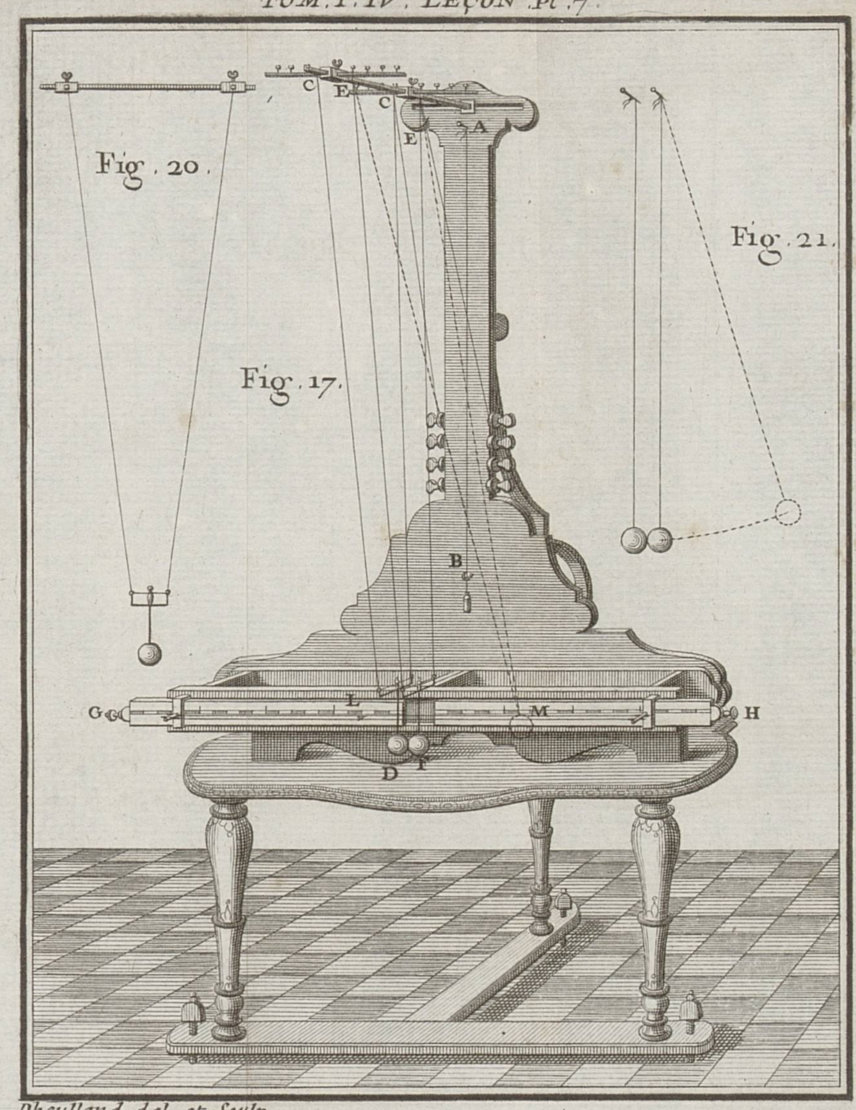
qu'on appercevra d'abord, si l'on fait attention que la quantité du mouvement dans la boule *F* qui retourne en arriére, est 4, différence de 16 à 12.

Ainsi les masses étant connues, si l'on sçait la vîtesse de celle qui rétrograde aprés le choc, on peut sçavoir la quantité du mouvement de l'autre, & quelle a été la somme du mouvement primitif.

Nous ne devons pas quitter cette matiére sans avertir, qu'on ne doit point estimer l'impulsion des fluides, selon les régles que nous avons établies touchant le choc des corps solides; ceux-ci ayant leurs parties liées agissent selon toute leur masse, mais il n'en est pas de même de l'action des autres : à cause de la mobilité respective de leurs parties, il n'y a que ce qui est immédiatement & directement exposé au choc qui fasse effort; le reste ne perd point sa vîtesse, & par conséquent ne contribue point à l'effort; c'est pourquoi l'eau & le vent ne communiquent pas tout d'un coup leur vîtesse actuelle à un mobile, ce n'est qu'après un certain tems, que celui-ci reçoit tout le mouvement qui

peut lui être transſmis : c'eſt une choſe dont il eſt aiſé de ſe convaincre, en obſervant les aîles d'un moulin à vent, ou la roue d'un moulin à l'eau, quand elles commencent à ſe mouvoir.

Fin du premier Volume.



Dheulland del. et Sculp.

TABLE DES MATIERES

Contenues dans le premier Volume.

II. LEÇON.

De la poroſité, compreſſibilité & élaſticité des Corps.

III. LEÇON.

De la mobilité des Corps.

IV. LEÇON.

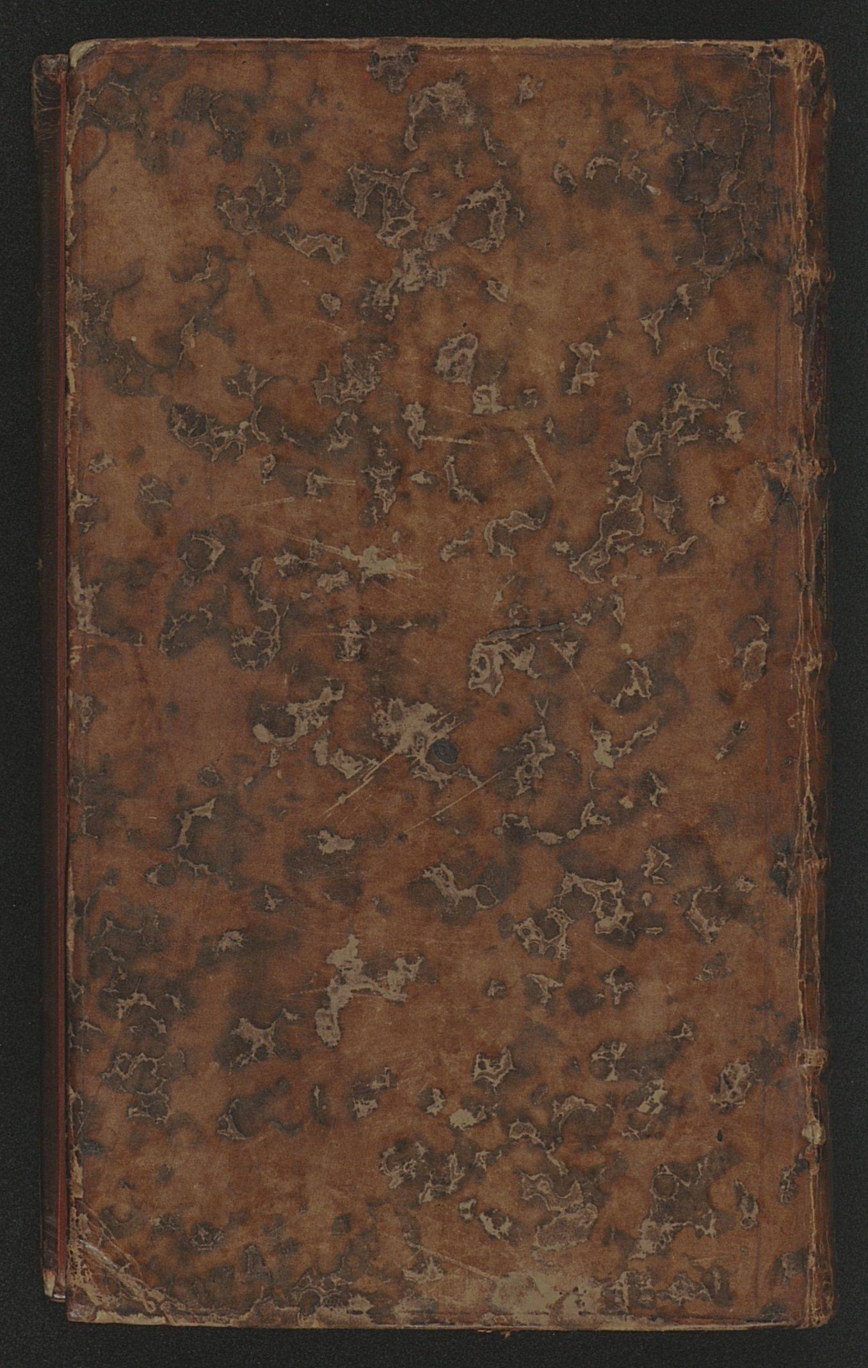
Suite des Loix du Mouvement simple.

Fin de la Table des Matiéres.

Fin de la Table des Matieres.







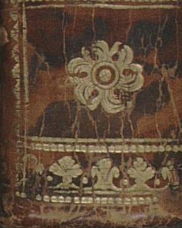


LEÇONS
DE
PHISIQ

TOM I









inches

centimeters

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 (A)	12	13	14	15
L*	39.12	65.43	49.87	44.26	55.56	70.82	63.51	39.92	52.24	97.06	92.02	87.34	82.14	72.06	62.15
a*	13.24	18.11	-4.34	-13.80	9.82	-33.43	34.26	11.81	48.55	-0.40	-0.60	-0.75	-1.06	-1.19	-1.07
b*	15.07	18.72	-22.29	22.85	-24.49	-0.35	59.60	-46.07	18.51	1.13	0.23	0.21	0.43	0.28	0.19
Density										0.04	0.09	0.15	0.22	0.36	0.51

	16 (M)	17	18 (B)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
L*	49.25	38.62	28.86	16.19	8.29	3.44	31.41	72.46	72.95	29.37	54.91	43.96	82.74	52.79	50.87	L*
a*	-0.16	-0.18	0.54	-0.05	-0.81	-0.23	20.98	-24.45	16.83	13.06	-38.91	52.00	3.45	50.88	-27.17	a*
b*	0.01	-0.04	0.60	0.73	0.19	0.49	-19.43	55.93	68.80	-49.49	30.77	30.01	81.29	-12.72	-29.46	b*
Density	0.75	0.98	1.24	1.67	2.04	2.42										

D50 Illuminant, 2 degree observer

Density ⟶

Golden Thread

Colors by Munsell Color Services Lab

Don Williams